



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Corso di laurea in Paesaggio, Parchi e Giardini

VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DI IRRIGATORI POP-UP STATICI

Relatore: **Prof.ssa Bortolini Lucia**

Laureando: **Marco Brolese**
(Matricola n. 571624)

Anno Accademico 2012 – 2013

INDICE

1. RIASSUNTO	1
2. ABSTRACT	2
3. INTRODUZIONE	4
3.1. Irrigazione	4
3.2. Scelta dell'irrigatore	5
3.3. Irrigatori per il verde: tipologie	11
4. SCOPI DELLA PROVA	14
5. MATERIALI E METODI	15
5.1. Materiali utilizzati per effettuare le prove	15
5.2. Coefficienti dell'uniformità di distribuzione	20
5.3. Realizzazione della prova	23
6. ANALISI DEI RISULTATI	28
6.1. Portata	28
6.2. Curve di precipitazione e gittata	30
7. CONCLUSIONI	52
BIBLIOGRAFIA e SITOGRAFIA	54

1. Riassunto

Gli irrigatori statici sono convenientemente utilizzati per l'irrigazione di aree verdi di piccole dimensioni e di forma irregolare, evitando di bagnare marciapiedi, vialetti o manufatti presenti. Tipicamente sono caratterizzati da elevata pluviometria e scarsa uniformità di distribuzione.

Lo scopo della tesi è stato verificare le prestazioni degli irrigatori pop-up statici. In particolare, è stato preso in considerazione un pop-up statico della ditta RainBird, dotato di vari boccali (negli statici chiamati anche testine), e sono state calcolate le portate, le gittate e le curve di caduta. Le testine utilizzate sono quelle della serie VAN, ad arco di lavoro regolabile, e della serie U, ad angolo fisso.

Le prove sono state condotte presso il laboratorio outdoor dell'Irricentre di Legnaro (PD), nei mesi aprile – maggio 2013. La quantità d'acqua distribuita dagli irrigatori nelle diverse zone della superficie bagnata è stata misurata installando una serie di pluviometri, in accordo con la normativa ISO. Infine, sono stati confrontati i dati raccolti con quelli riportati nel catalogo della ditta, riferiti a pressioni ottimali di funzionamento.

In base ai dati raccolti, si è potuto verificare che le testine serie VAN hanno una scarsa bagnatura nelle aree a ridosso dell'irrigatore, al contrario delle testine serie U, che però nebulizzano molto il getto rendendolo soggetto a effetto deriva in presenza di debole ventosità. Queste ultime hanno però dimostrato di funzionare con valori di gittata e portata che più si avvicinano a quelli riportati nel catalogo.

Per entrambe le testine comunque, l'irrigazione non avviene in modo uniforme, come dimostrato dalla differente quantità d'acqua raccolta dai pluviometri. In particolare, sia le testine VAN che quelle U a 90° e 180° presentano la formazione di un getto con “baffi” esterni di pluviometria decisamente più elevata.

2. Abstract

Static irrigators are convenient for the irrigation of small, irregular areas of green to avoid soaking the pavement, garden paths or nearby objects. Typically they are characterized by a high fall of water and uneven distribution.

The scope of the thesis is to verify the performance of pop-up static irrigators. In particular the pop-up static of the company RainBird was taken into consideration using various nozzles (also called heads for static irrigators); the delivery capacity, range and fall curve were calculated. The heads used were of the VAN series, with adjustable range and the U series at a fixed angle.

The tests were carried out at the outdoor laboratory of the Irricentre of Legnaro in the province of Padua, in the months of April – May 2013. The amount of water distributed by the irrigators in different zones of the watered surface was measured by installing a series of rain gauges complying to ISO standards. Finally, the data gathered was compared to those given in the company's catalogue, referring to optimum working pressure.

On the basis of the data gathered, it was possible to verify that the heads of the VAN series provide little water in the immediate vicinity of the irrigator, unlike the series U heads, which however vaporize the jet considerably making it subject to the effect of drift in the presence of even slight winds.

The series of U heads performed more closely to the values of range and fall of water given in the catalogue.

For both types of head, however, the irrigation was not uniform, as was demonstrated by the different quantities of water collected in the rain gauges. In particular both the

VAN series and the U series at 90° and 180° formed a jet which showed much higher falls of water at the extremes.

3. Introduzione

3.1. Irrigazione

L'irrigazione è una pratica agronomica che prevede l'apporto artificiale di acqua al terreno al fine di migliorare l'attitudine globale del sistema suolo–pianta–atmosfera alla produzione vegetale.

Gli obbiettivi dell'irrigazione si individuano prevalentemente nel soddisfacimento dei fabbisogni idrici (irrigazione “umettante”), evitando pericolose situazioni di stress derivate da carenze o eccessi idrici, con una gestione ottimale delle risorse idriche per una diminuzione dei costi, degli sprechi e dell'inquinamento.

Vi sono molteplici scopi per i quali si può intervenire con l'irrigazione per cui, oltre all'irrigazione umettante, se ne distinguono altri tipi: dilavante (riduce l'eccesso di salinità), correttiva (modifica il ph), fertilizzante, antiparassitaria,.....

Nella gestione della pratica irrigua, la formulazione di un programma di interventi per uno specifico tappeto erboso, è essenziale per un buon mantenimento dello stesso. I turni irrigui vanno correttamente programmati e scelti in funzione delle specie insediate, delle condizioni pedoclimatiche, delle pratiche colturali e del tipo di utilizzo del tappeto.

Altrettanto essenziale per una corretta gestione della pratica irrigua è la scelta del sistema irriguo.

Nell'irrigazione dei tappeti erbosi, la scelta oculata della portata degli irrigatori, il loro reciproco posizionamento (schema di avanzamento) e la valutazione della durata dell'intervento irriguo, consentiranno di evitare sprechi d'acqua per ruscellamento e infiltrazione profonda.

3.2. Scelta dell'irrigatore

Nella progettazione e realizzazione di un impianto pluvirriguo, dopo aver analizzato gli aspetti climatici e agronomici (suolo e vegetazione) al fine di valutare i fabbisogni d'acqua, e dopo aver verificato le caratteristiche di portata e pressione della fonte di approvvigionamento, il passo successivo riguarda la scelta e posizionamento degli irrigatori.

Gli irrigatori sono i dispositivi preposti alla distribuzione dell'acqua irrigua. La gamma di irrigatori presenti sul mercato è estremamente articolata ed è possibile trovare l'irrigatore adatto a risolvere qualsiasi necessità legata alle diverse condizioni di installazione, potendo scegliere tra un'infinità di modelli che differiscono per prestazioni e caratteristiche di funzionamento.

Caratteristiche e prestazioni

Le caratteristiche fondamentali che permettono di distinguere i diversi irrigatori e di verificarne la qualità sono:

- pressione di esercizio
- portata
- gittata
- alzo
- boccaglio
- arco di lavoro
- pluviometria

Pressione di esercizio

Si tratta della pressione, espressa in bar, che deve essere assicurata al boccaglio affinché l'irrigatore possa garantire la pluviometria e la gittata prevista dalle tabelle prestazionali fornite dalle ditte costruttrici.

Portata

È la quantità di acqua che un irrigatore è in grado di distribuire nell'unità di tempo. Viene misurata in litri al minuto oppure in litri al secondo nei modelli più grandi. La portata è influenzata dalla pressione di funzionamento e varia proporzionalmente con il diametro del boccaglio.

Gittata (raggio di gittata)

È la lunghezza orizzontale dalla base dell'irrigatore alla linea periferica in cui arrivano le gocce, ovvero la distanza massima alla quale un irrigatore può garantire una minima aspersione. Le ditte forniscono i valori di gittata, espressi in metri, per ogni boccaglio a diverse pressioni rilevati in laboratorio in assenza di vento. Per installazioni all'aperto è bene considerare gittate inferiori di almeno il 10 % rispetto a quelle dichiarate.

La gittata varia con la pressione di funzionamento, l'alzo, la velocità di rotazione, la forma del boccaglio, la ventosità. In particolare, aumentando la pressione aumenta la gittata ma, oltre a un certo limite, ottenendo una maggiore nebulizzazione si espone il getto dell'irrigatore alla dispersione ad azione dell'aria e dunque si riduce il raggio di lavoro.

Alzo (traiettoria del getto)

Esprime l'angolo di inclinazione dell'asse del boccaglio (in gradi) rispetto all'orizzontale: cambiando l'angolo di inclinazione si modifica la conformazione della parabola del getto. In particolare, a parità di altri parametri, l'irrigatore con un maggiore alzo ha maggiore gittata ma anche maggiore altezza nel punto di culmine.

La gittata massima si ottiene con un alzo intorno ai 32° però il getto, data la maggiore altezza raggiunta, è più influenzabile dal vento. Per tale motivo gli irrigatori hanno un alzo sempre inferiore a 30° , mentre lo standard varia normalmente tra i 22° e i 28° . Sono disponibili sul mercato irrigatori con boccagli ad inclinazione minore dallo standard (chiamati irrigatori a getto teso) il cui alzo può variare da 15° (Angolo Basso) a 5° (Angolo Piatto), particolarmente adatti all'installazione in zone normalmente ventose.

Boccaglio (ugello)

È la parte terminale dell'irrigatore da cui fuoriesce l'acqua. Le sue caratteristiche (forma e dimensione) influenzano la gittata, la dimensione delle gocce, la forma dell'area bagnata e la portata. Quest'ultima, in particolare, è direttamente proporzionale al suo diametro.

A parità di boccaglio, variando la pressione si modificano la lunghezza della gittata e la dimensione delle gocce.

La maggior parte degli irrigatori possiede una serie di boccagli intercambiabili con caratteristiche di portata e gittata diversa a parità di pressione.

Sia per gli irrigatori statici sia per quelli dinamici sono state studiate recentemente nuove forme di boccaglio che consentono di bagnare bene anche alla base dell'irrigatore, migliorando l'uniformità di distribuzione dell'acqua lungo tutta la gittata.

Arco di lavoro

Esprime l'ampiezza dell'angolo di bagnatura e si misura in gradi. È pari al 360° negli irrigatori che bagnano a cerchio intero. Esistono modelli in grado di lavorare solo a pieno cerchio e altri in cui è possibile variare l'angolo di lavoro (a settore).

Gli irrigatori statici bagnano normalmente con angolo di lavoro fisso (es. quarto di cerchio o 90°) ma alcuni modelli possono montare boccagli ad arco di lavoro variabile (testine VAN) in cui è possibile adattare l'arco di bagnatura alla forma della superficie da irrigare agendo manualmente su un'apposita ghiera.

Pluviometria (intensità di aspersione)

È data dal rapporto tra portata e superficie bagnata. Esprime la quantità di acqua distribuita dagli irrigatori su un'area di ampiezza nota nell'unità di tempo e si indica normalmente in millimetri all'ora.

In realtà è più interessante conoscere la pluviometria di un'intera area irrigata che è influenzata dalla somma delle precipitazioni ovvero delle portate dei singoli irrigatori e quindi, oltre che dalla pressione di esercizio, dall'avanzamento (o distanza) degli irrigatori. Alcune ditte produttrici o distributrici forniscono i valori di pluviometria alle pressioni ottimali di funzionamento con modalità di avanzamento a quadrato e triangolo.

L'intensità di aspersione è un parametro molto importante per stabilire se un modello di irrigatore è adatto ad un certo terreno: infatti, l'intensità di aspersione non dovrebbe mai superare la velocità di infiltrazione onde evitare problemi di ruscellamento o ristagno superficiale.

Altri parametri utili per la scelta

- Altezza di sollevamento
- Grado di polverizzazione
- Velocità di rotazione
- Semplicità di regolazione e manutenzione

Altezza di sollevamento

È una caratteristica peculiare degli irrigatori a scomparsa (pop-up) ed è spesso individuata da un numero che esprime l'altezza in pollici dell'escursione della torretta (es. 2" corrisponde ad un'altezza di sollevamento della torretta di circa 5 cm). L'uso degli irrigatori con maggiore altezza di sollevamento è particolarmente utile quando nell'area da bagnare vi siano ostacoli di modesta entità da superare, come cespugli e siepi basse.

Grado di polverizzazione

Esprime la dimensione delle gocce e dipende dalle modalità costruttive del boccaglio. A parità di boccaglio il grado di polverizzazione (frantumazione del getto) aumenta con la pressione; però, aumentando il grado di polverizzazione la gittata diminuisce. In generale, più le gocce sono fini minore è l'azione battente sul terreno e sulla vegetazione ma maggiori sono le perdite per evaporazione e la soggezione al vento. La maggiore o minore frantumazione del getto può essere ottenuta agendo, oltre che sulla pressione, sulla vite rompi getto, quando presente, che quindi può essere utilizzata anche per regolare la gittata.

Velocità di rotazione

Caratteristica tipica degli irrigatori dinamici che determina il tempo necessario per completare l'angolo di lavoro da parte del getto.

Semplicità di regolazione e manutenzione

Gli irrigatori necessitano di una regolazione al momento dell'installazione ma anche successivamente durante le manutenzioni periodiche dell'impianto. Alcuni irrigatori permettono di effettuare tutte le regolazioni (gittata, angolo di lavoro, alzo, ecc.) direttamente dalla sommità dell'irrigatore anche durante il suo funzionamento agevolando in tal modo una messa a punto perfetta. Le regolazioni possono essere realizzate utilizzando apposite chiavette ma per alcuni modelli di irrigatore basta usare un normale cacciavite o si può agire direttamente e solamente con le mani. Per rendere più veloce e immediata la regolazione, alcuni modelli di pop-up riportano le indicazioni incise a laser sulla torretta.

Certi irrigatori presentano un grado di complessità della regolazione che può richiedere il lavoro di installatori specializzati anche se per contro può essere un valido ostacolo ad eventuali manomissioni vandaliche. Agevolazioni nelle operazioni di regolazione e manutenzione sono offerte dalla presenza di particolari dispositivi di arresto del flusso installati all'interno della torretta che consentono di cambiare il boccaglio e variare l'arco di bagnatura senza bagnarsi.

3.3. Irrigatori per il verde: tipologie

Dal punto di vista della modalità con cui avviene la distribuzione dell'acqua, si possono distinguere due tipi di irrigatori: statico e dinamico.

Gli **irrigatori statici** non hanno nessuna parte in movimento e formano un getto che distribuisce l'acqua nello stesso istante in tutta l'area ad essi sottoposta, non necessariamente circolare.

Gli **irrigatori dinamici** sono dotati di uno o più getti che ruotano bagnando un'area circolare.

Sia gli irrigatori statici che dinamici sono disponibili in due versioni: fuori terra o fissi (stationary o shrub) e sottosuolo o a scomparsa (pop-up).

Gli irrigatori fuori terra restano sempre sopra il livello del terreno, mentre gli irrigatori a scomparsa sono dotati di una torretta che rimane costantemente interrata ed emerge solo durante il funzionamento.

Gli irrigatori a scomparsa (pop-up)

Gli irrigatori pop-up sono quelli che meglio si adattano all'irrigazione del tappeto erboso in quanto, oltre a sfuggire alla vista mimetizzandosi perfettamente alla vegetazione riducendo enormemente l'impatto visivo-estetico dell'impianto irriguo, evitano inutili perdite di tempo per rifilare l'erba attorno all'irrigatore facilitando quindi gli sfalci; nello stesso tempo, data l'altezza sul livello del terreno raggiunta dall'ugello distributore in fase di funzionamento, consentono di irrigare per aspersione aree verdi anche di ampie dimensioni. Inoltre, la mancata visibilità di componenti esterne limita al massimo i rischi di danneggiamento per furti e atti vandalici. Per tali motivi i pop-up sono gli irrigatori più comunemente impiegati nella realizzazione di impianti irrigui per il verde ornamentale e sportivo.

Dal punto di vista costruttivo sono composti da tre parti: 1) il corpo o carter, costituito da un cilindro di plastica al cui interno scorre 2) la torretta o canotto, che internamente è vuota negli statici mentre nei dinamici contiene il motore idraulico (turbina) deputato alla rotazione del 3) boccaglio o ugello, chiamato anche testina negli statici, che distribuisce l'acqua.

In condizioni di lavoro la torretta fuoriesce per effetto della pressione di esercizio, per poi rientrare completamente nel corpo a fine irrigazione grazie ad una molla di richiamo, normalmente in acciaio inossidabile. In questo modo non resta nessun apparato esterno a vantaggio dell'estetica dell'impianto, della sicurezza antivandalica e della riduzione di ingombro per gli sfalci o le manutenzioni ordinarie del verde (trattamenti, potature, ecc.).

All'interno della torretta è presente un filtro per impedire a corpi estranei di ostruire il passaggio dell'acqua nel boccaglio o negli ingranaggi della turbina, bloccando la rotazione dell'irrigatore.

Durante il rientro della torretta al termine dell'irrigazione si ha una leggera fuoriuscita d'acqua tra la guarnizione del corpo e la torretta (chiamato lavaggio), utile per eliminare sedimenti di terra o altro materiale che si possono depositare intorno e sopra la torretta a fine di prevenire il danneggiamento della guarnizione di tenuta e, di conseguenza, del regolare funzionamento dell'irrigatore.

Il corpo può avere dimensioni diverse a cui corrisponde un'altezza di sollevamento della torretta compresa tra i 5 e i 30 cm, che negli statici è indicata in pollici (2", 4", ecc.).

La gamma di irrigatori a scomparsa presenti sul mercato è estremamente articolata ed è possibile trovare l'irrigatore adatto a risolvere qualsiasi necessità sia in relazione alle prestazioni sia in relazione alle caratteristiche tecnologiche.

Rispetto agli stationary, i pop-up presentano un costo più elevato e necessitano di una maggiore accuratezza di installazione. Un'utile accorgimento, da adottare nel caso di installazione in un prato nuovo, soggetto quindi ad assestamenti successivi del

terreno, consiste nell'installare l'irrigatore su un'asta regolabile (o prolunga estensibile) che consente di far scendere progressivamente l'irrigatore mantenendolo sempre a livello del terreno.

Sempre allo scopo di regolare gradualmente il posizionamento dell'irrigatore o per facilitare l'installazione in punti difficilmente accessibili o gli spostamenti e le sostituzioni, si possono trovare in commercio appositi giunti snodati e prolunghie flessibili anche già pre-assemblate.

4. Scopi della prova

Lo scopo della tesi è stato verificare le prestazioni degli irrigatori pop-up statici. In particolare, è stato preso in considerazione un pop-up statico della ditta RainBird, dotato di vari boccagli e sono state calcolate le portate, le gittate e le curve di caduta.

Le testine utilizzate sono quelle della serie VAN, ad arco di lavoro regolabile, e della serie U, ad angolo fisso.

I dati ottenuti sono stati confrontati con i dati riportati nel catalogo della ditta produttrice, ottenuti in ambiente interno e riferiti a pressioni ottimali di funzionamento.

5. Materiali e metodi

5.1. Materiali utilizzati per effettuare le prove

- corpo e torretta di irrigatore pop-up statico;
- testine serie U e VAN;
- pluviometri;
- cilindro graduato;
- manometro;
- anemometro.

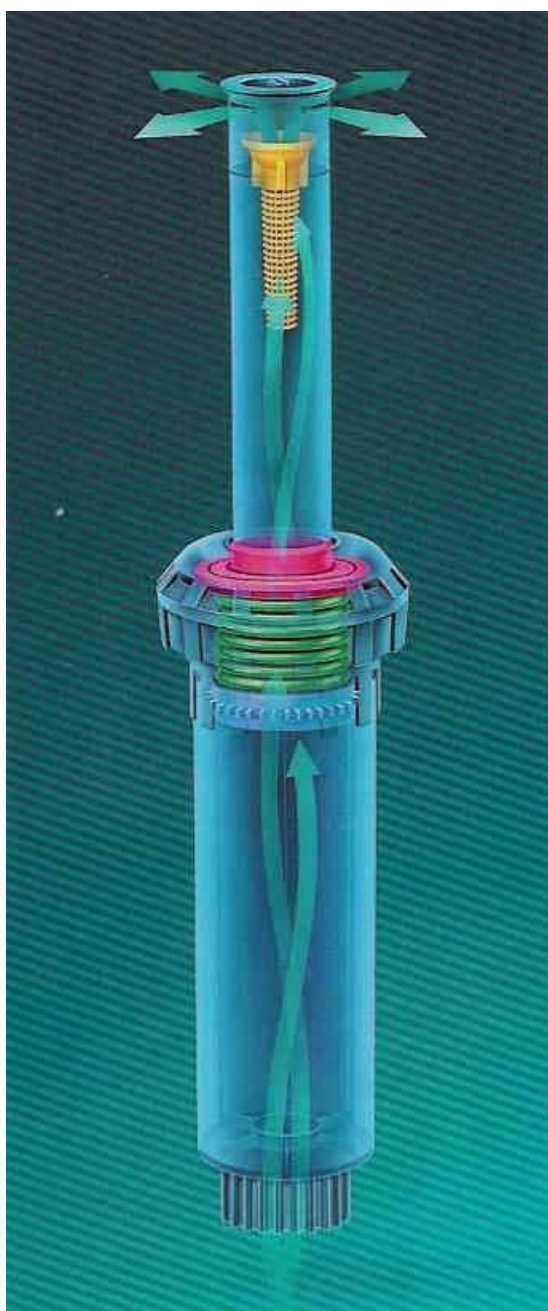


Foto 1

L'**irrigatore pop-up statico** [foto 1] è costituito da una torretta vuota, di altezza variabile da 5 a 30 cm, nella quale viene inserita la testina (o ugello) che regola la portata in uscita e l'ampiezza dell'angolo di lavoro. L'estrema semplicità costruttiva lo rende poco costoso e molto affidabile nel funzionamento. Il rischio di occlusione della testina da utilizzo di acqua non perfettamente pulita, viene ridotto dalla presenza di un filtro posto sotto la testina.

L'irrigatore statico è caratterizzato da una ridotta pressione di esercizio (generalmente 2 bar) e da una gittata limitata, inferiore ai 5 metri; consente un buon grado di pulverizzazione del getto rendendolo adatto anche all'irrigazione della vegetazione più delicata, come le aiuole fiorite. Per contro, è maggiore la dispersione per l'azione del vento e quindi la possibilità di effetto deriva.

Può essere equipaggiato con un'ampia gamma di **testine intercambiabili**, contraddistinte da sigle che permettono di individuare il modello. Ogni stesso modello può avere colore diverso a seconda della portata nominale. All'interno di ogni serie le testine si distinguono per la modalità di bagnatura: quelle ad angolo fisso (contraddistinte da lettere acronime dell'angolo coperto come F per full 360° o H per half 180°), oppure testine con regolazione dell'arco variabile da 0° a 360° (VAN) [foto 4], oppure testine a configurazioni speciali (a getti separati, a strisce, ecc.). Un numero contraddistingue anche la gittata nominale espressa in piedi (un piede sono circa 30 cm). Ogni testina, quindi, è individuata dalla sigla della serie, dal numero che definisce la gittata e da un'altra sigla che individua l'angolo o la forma di bagnatura (es. serie U 10 H significa modello di boccaglio della serie U con gittata nominale di circa 3 metri e angolo di bagnatura a 180°) [foto 2: ugello serie U 10 H].



Foto 2

Al centro della sommità della testina è posta una vite rompi getto per la regolazione della gittata.

Un tipico difetto dell'irrigatore statico è la bassa uniformità di distribuzione legata soprattutto all'impossibilità di bagnare adeguatamente l'area prossima all'irrigatore. Una buona omogeneità di bagnatura può essere perciò ottenuta solo con una sovrapposizione molto spinta dei getti.

In alternativa, si possono montare testine a doppio taglio o con conformazione particolare che permette di bagnare anche verso il basso [foto 3] oppure particolari testine che, pur presentando le caratteristiche tipiche delle standard (distribuzione contemporanea su tutta l'area, bassa pressione di esercizio, limitata gittata,

polverizzazione del getto), sono dotate di un esclusivo meccanismo rotativo che migliora sensibilmente le prestazioni distributive.



Foto 3: testina a doppio taglio



Foto 4: testine Serie VAN

Le testine che sono state testate sono quelle della serie VAN, cioè quelle con arco di lavoro regolabile e quelle della serie U, ovvero quelle ad angolo fisso con orifizio supplementare.

Per quanto riguarda la testina serie VAN, essa trova la sua applicazione ideale nell'irrigazione di aree verdi di forma irregolare in quanto si possono aumentare o diminuire facilmente le impostazioni dell'arco di lavoro. Per questa serie, non tutti gli ugelli sono uguali: abbiamo quelli che bagnano fino a 330° e sono quelli da 4, 6 e 8 VAN e poi abbiamo gli altri che, invece, bagnano a 360° e sono quelli da 10, 12, 15 e 18 VAN.

La testina serie U, invece, è caratterizzata dall'avere un secondo orifizio, il quale permette di distribuire l'acqua in maniera più uniforme sotto l'irrigatore. Si

contraddistingue grazie alla presenza di acronimi dell'angolo coperto come F per full 360° o H per half 180° o Q per quarter 90°, ecc [foto 5].



Foto 5: testine Serie U

Le prove sono state eseguite in accordo a quanto previsto dalla normativa ISO 15886-3.

Per la lettura della pluviometria sono stati utilizzati particolari **pluviometri**: si tratta di contenitori, simili a caraffe, utilizzati per la raccolta dell'acqua (vedi foto prove). È importante che i pluviometri siano posizionati tutti alla stessa distanza l'uno dall'altro: nel caso specifico essi sono stati posizionati a formare una griglia 50 x 50 cm, mentre per il calcolo della gittata è stata creata una croce con l'irrigatore al centro e con i pluviometri distanziati 25 cm su ogni braccio della croce.

Per misurare i millilitri di acqua contenuti all'interno dei pluviometri è stato utilizzato un **cilindro graduato** con sensibilità di 5 ml e con capienza massima di 500 ml.

Per verificare la pressione dell'acqua in entrata dell'irrigatore è stato posizionato un **manometro**. La pressione era modificabile manualmente, aprendo o chiudendo una valvola posta prima del manometro.

Per controllare che la velocità del vento si mantenesse durante la prova al di sotto del valore massimo previsto dalla normativa è stato utilizzato un **anemometro** a lettura istantanea. Le prove erano considerate valide solo in presenza di una velocità del vento inferiore a 1.3 m/s, valore corrispondente al massimo standard per il calcolo della gittata.

5.2. Coefficienti dell'uniformità di distribuzione

L'uniformità di distribuzione è un parametro che permette di valutare in quale misura si riescono a rifornire le piante della zona irrigata con la stessa quantità d'acqua. Pertanto è un parametro che può essere applicato ad un ambito territoriale limitato (es. intero giardino o parte di esso) servito da un dato sistema irriguo.

L'uniformità di distribuzione è un rapporto tra l'altezza media di acqua distribuita sulla porzione di superficie peggio irrigata e il valore medio sull'intera superficie. La porzione di superficie a cui si fa riferimento può variare, ma generalmente è pari al 25%.

Uniformità di distribuzione del quartile inferiore

Si definisce uniformità di distribuzione del quartile inferiore o minimo il rapporto:

$$DU_{lq} = \frac{\text{Altezza media di acqua irrigua del quartile inferiore}}{\text{Altezza media di acqua irrigua sull'intera superficie}}$$

Il “*quartile inferiore*” rappresenta il 25% dell'intera superficie (o degli elementi considerati) che riceve (o ricevono) la minor quantità di acqua. Infatti, il valore al

numeratore non rappresenta il minimo assoluto ma la media del più basso quarto dei valori.

Per elemento si intende la più piccola area che necessita di acqua irrigua ma all'interno della quale la variazione nella distribuzione è irrilevante.

Per non creare confusione tra uniformità ed efficienza è preferibile considerare DUlq come un rapporto unitario piuttosto che una percentuale. È importante notare che, se l'efficienza di applicazione è alta anche l'uniformità di distribuzione DUlq sarà alta ma, per contro, un'irrigazione molto uniforme può presentare, ad esempio se la durata è eccessiva, un'efficienza bassa (elevate perdite per percolazione e/o ruscellamento).

Si tratta dell'unico indice di uniformità che si presta a confrontare metodi e impianti di irrigazione diversi.

Coefficiente di uniformità di Christiansen

Per la stima dell'uniformità di distribuzione di un impianto irriguo per aspersione è ancora molto usato il coefficiente di uniformità di Christiansen CU:

$$CU = 100 \left[1,0 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i|}{M \cdot n} \right]$$

dove x è la deviazione in valore assoluto dell'altezza di acqua immagazzinata in ogni punto considerato rispetto all'altezza media M delle altezze d'acqua misurate in tutti gli n punti di controllo.

Per determinarlo si considerano, in pratica, una serie di pluviometri (o altro contenitore graduato) distribuiti nell'area servita da un irrigatore, quando si riferisce

all'uniformità che è in grado di garantire il singolo irrigatore, o da più irrigatori, quando l'indice si riferisce all'uniformità con una determinata disposizione in campo.

Anche se è un parametro frequentemente usato per la misura dell'uniformità di distribuzione, vanno comunque evidenziati dei limiti.

Innanzitutto, il valore assoluto al numeratore ottenuto dalla differenza tra l'acqua misurata in un elemento e la media di tutti gli elementi, considera allo stesso modo le aree sotto e sovra-adacquate. La devianza sopra e sotto alla quantità media di applicazione è giudicata solo in base alla dimensione della devianza, senza considerare se questa è imputata ad un eccesso o deficit idrico.

Per secondo punto, i valori che si discostano molto dalla media hanno un peso nella valutazione complessiva del coefficiente molto più rilevante di quelli che si discostano poco. Si supponga che la media di applicazione sia 10, e si considerino 3 elementi con un apporto di 8, 12 e 14. Il contributo sulla devianza per questi elementi sarà rispettivamente di -2, 2 e 4. Gli elementi con 8 e 12, in termini di valore assoluto, hanno lo stesso peso pari a 2. L'elemento 14, invece, ha un peso doppio rispetto ai primi, perché la devianza dalla media è doppia.

Infine, il coefficiente di Christiansen è un valore medio perché calcolato sulla media di tutti gli elementi. Questo coefficiente non dà nessuna indicazione sulla gravità delle aree disagiate (eccesso o deficit idrico) o quanto queste possano essere estese, ma ci permette di dire quanto il nostro sistema di distribuzione si discosta dal valore ottimale (100%), teorico perché raggiungibile solo con la pioggia naturale.

5.3. Realizzazione della prova

L'area sulla quale si sono svolte le prove è stata dotata di una griglia 6x6 metri [foto 6 a,b,c], dove al centro è stato posizionato l'irrigatore; i pluviometri della griglia sono stati disposti ogni 50 cm. In alcune prove, avendo riscontrato gittate superiori a quanto previsto, sono stati aggiunti ulteriori pluviometri, fino ad ottenere una griglia di 9x9 metri [foto 6d]. Per il calcolo della gittata sono stati sistemati dei pluviometri in modo da formare 4 file a croce con pluviometri ogni 25 cm a coprire tutta la distanza percorsa dalle gocce.

All'inizio di ogni prova, veniva impostato il livello di pressione desiderato, utilizzando la valvola e controllando il manometro.

Ogni prova, fatta con un determinato ugello, aveva una durata di 20 minuti. Al termine di ogni prova, si procedeva alla raccolta dei dati.

Per ogni testina la prova veniva ripetuta due volte, una alla pressione di 1 bar e l'altra alla pressione di 2 bar.

I dati venivano successivamente riportati su un foglio Excel, e rielaborati, calcolando due parametri: il DU_{lq} , ovvero l'uniformità di distribuzione del quartile inferiore e il CU, ovvero il coefficiente di uniformità di Christiansen.

Le prove non venivano effettuate in caso di pioggia o di velocità media del vento superiore a 1.3 m/s (tranne che in due occasioni, per ottenere un dato ulteriore), in caso di temperatura superiore a 20°C o con umidità dell'aria inferiore al 50%.



Foto 6 a



Foto 6 b



Foto 6 c



Foto 6 d

6. Analisi dei risultati

6.1. Portata

Le portate degli ugelli da 6 e 8 VAN, sia a 1 che a 2 bar, presentano valori superiori a quelli scritti nel catalogo; viceversa, le portate degli altri ugelli, presentano, in genere, valori simili o inferiori.

Tabella 1. Risultati delle portate dell'irrigatore Serie 6-VAN

Modello	Portata (l/min) 1 bar		Portata (l/min) 2 bar	
	Misurata	Dichiarata	Misurata	Dichiarata
90°	1.84	1.00	2.82	1.33
180°	2.86	1.67	4.33	2.67
330°	4.32	3.16	6.68	4.50

Tabella 2. Risultati delle portate dell'irrigatore Serie 8-VAN

Modello	Portata (l/min) 1 bar		Portata (l/min) 2 bar	
	Misurata	Dichiarata	Misurata	Dichiarata
90°	2.76	2.00	4.07	2.67
180°	4.57	3.16	7.00	4.33
330°	5.82	4.50	8.66	6.33

Tabella 3. Risultati delle portate dell'irrigatore Serie 10-VAN

Modello	Portata (l/min) 1 bar		Portata (l/min) 2 bar	
	Misurata	Dichiarata	Misurata	Dichiarata
90°	1.77	1.83	2.64	2.33
180°	3.66	3.67	5.44	4.83
360°	4.92	7.33	7.58	9.50

Tabella 4. Risultati delle portate dell'irrigatore Serie 12-VAN

Modello	Portata (l/min) 1 bar		Portata (l/min) 2 bar	
	Misurata	Dichiarata	Misurata	Dichiarata
90°	2.05	1.67	3.04	2.50
180°	3.56	3.33	5.56	5.00
360°	5.57	6.67	8.04	9.83

Tabella 5. Risultati delle portate dell'irrigatore Serie 15-VAN

Modello	Portata (l/min) 1 bar		Portata (l/min) 2 bar	
	Misurata	Dichiarata	Misurata	Dichiarata
90°	2.74	2.50	3.91	3.50
180°	4.91	5.00	7.37	7.00
360°	8.42	10.00	12.47	14.00

Tabella 6. Risultati delle portate dell'irrigatore Serie 18-VAN

Modello	Portata (l/min) 1 bar		Portata (l/min) 2 bar	
	Misurata	Dichiarata	Misurata	Dichiarata
90°	4.12	4.00	6.60	5.00
180°	8.36	8.00	11.72	10.00
360°	12.34	16.00	18.26	20.00

Per quanto riguarda gli ugelli della serie U, invece, essi presentano valori molto simili a quelli riportati nel catalogo.

Tabella 7. Risultati delle portate dell'irrigatore Serie U-8-Q

Modello	Portata (l/min) 1 bar		Portata (l/min) 2 bar	
	Misurata	Dichiarata	Misurata	Dichiarata
90°	0.67	0.50	1.06	0.83

Tabella 8. Risultati delle portate dell'irrigatore Serie U-8-H

Modello	Portata (l/min) 1 bar		Portata (l/min) 2 bar	
	Misurata	Dichiarata	Misurata	Dichiarata
180°	1.22	1.00	1.84	1.83

Tabella 9. Risultati delle portate dell'irrigatore Serie U-10-H

Modello	Portata (l/min) 1 bar		Portata (l/min) 2 bar	
	Misurata	Dichiarata	Misurata	Dichiarata
180°	2.07	2.00	3.15	2.50

Tabella 10. Risultati delle portate dell'irrigatore Serie U-12-H

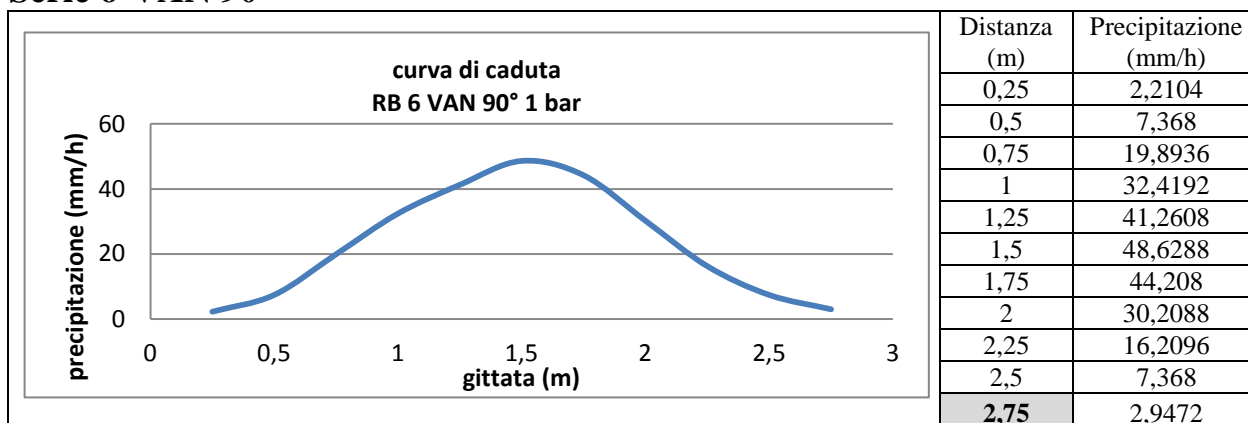
Modello	Portata (l/min) 1 bar		Portata (l/min) 2 bar	
	Misurata	Dichiarata	Misurata	Dichiarata
180°	3.28	3.33	4.72	5.00

6.2. Curve di precipitazione e gittata

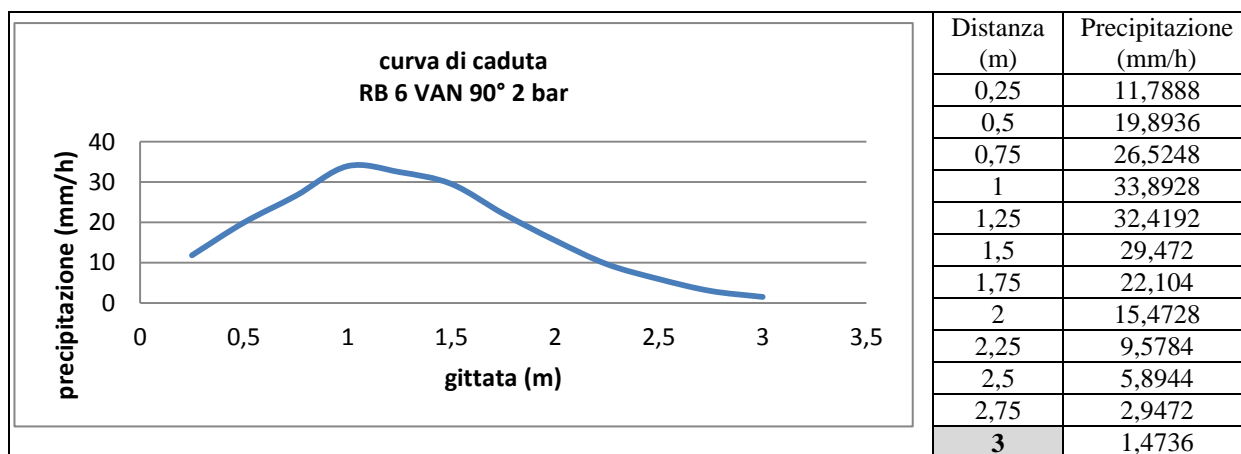
Di seguito si riportano le curve di caduta con le relative misure di precipitazione alle diverse distanze dall'irrigatore. L'ultimo valore riportato fornisce le indicazioni sulla gittata massima. Per tutti i valori delle gittate sono stati presi in considerazione tutti quei valori che hanno ricevuto più di 0,3 mm/h. Inoltre sono stati inseriti il DU_{lq} e il CU relativi alla precipitazione, utili per avere una maggiore informazione sull'uniformità di distribuzione.

Gli ugelli della serie VAN bagnano poco nei pressi dell'irrigatore, mentre bagnano in misura maggiore man mano che ci si allontana da esso per poi ritornare a bagnare poco, dopo che il getto ha raggiunto la sua altezza massima.

Serie 6-VAN 90°



DU_{lq}	CU
0,18	35

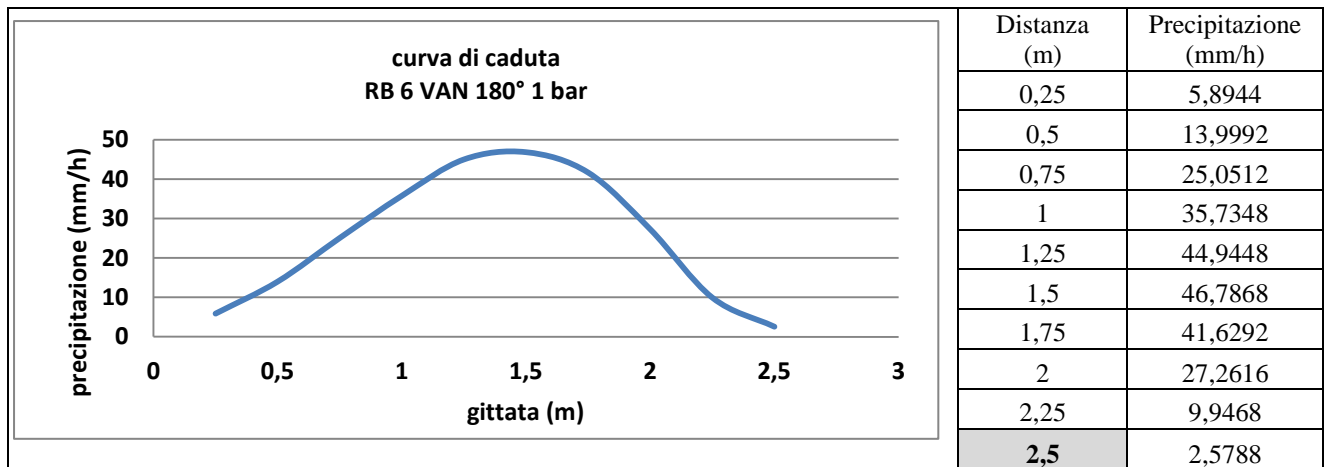


DU_{lq}	CU
0,2	45

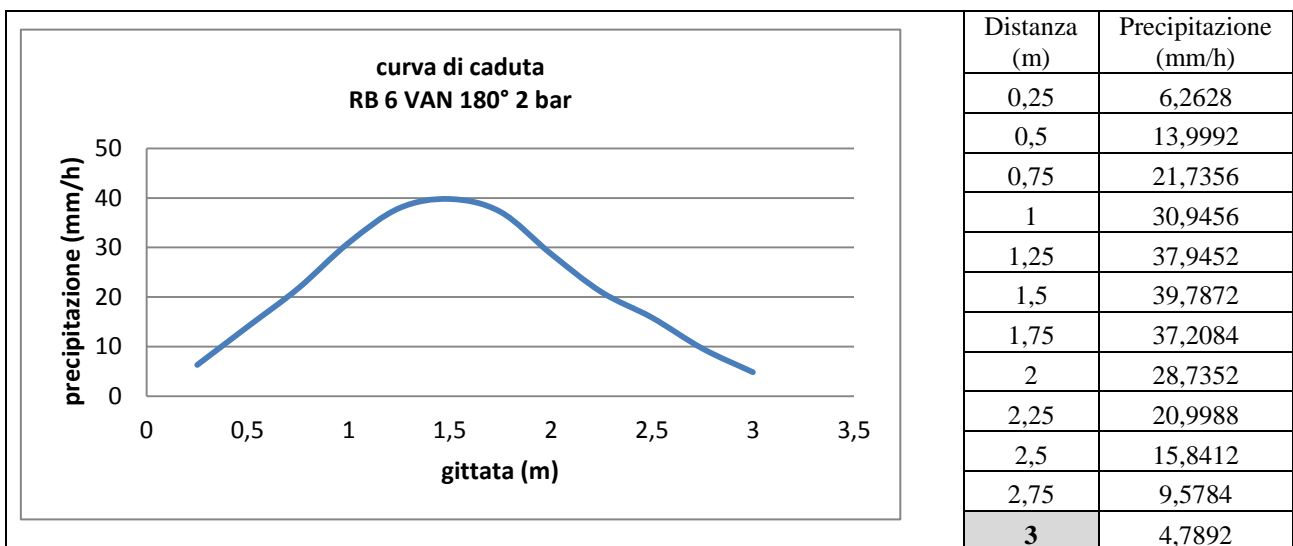
L'uniformità di distribuzione risulta essere migliore alla pressione di 2 bar; in entrambi i casi, però, tale uniformità risulta essere scarsa.

Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 2,75 metri, risulta essere superiore a quello dichiarato, pari a 1,2 metri. La stessa cosa vale per quello da 2 bar, pari a 3 metri, che risulta essere superiore a quello dichiarato, pari a 1,8 metri.

Serie 6-VAN 180°



DU_{lq}	CU
0,24	50

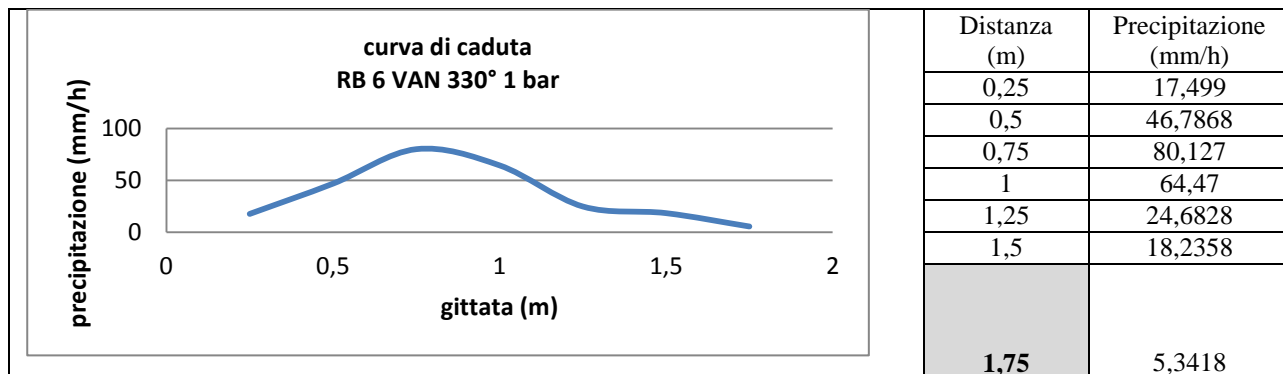


DU_{lq}	CU
0,42	62

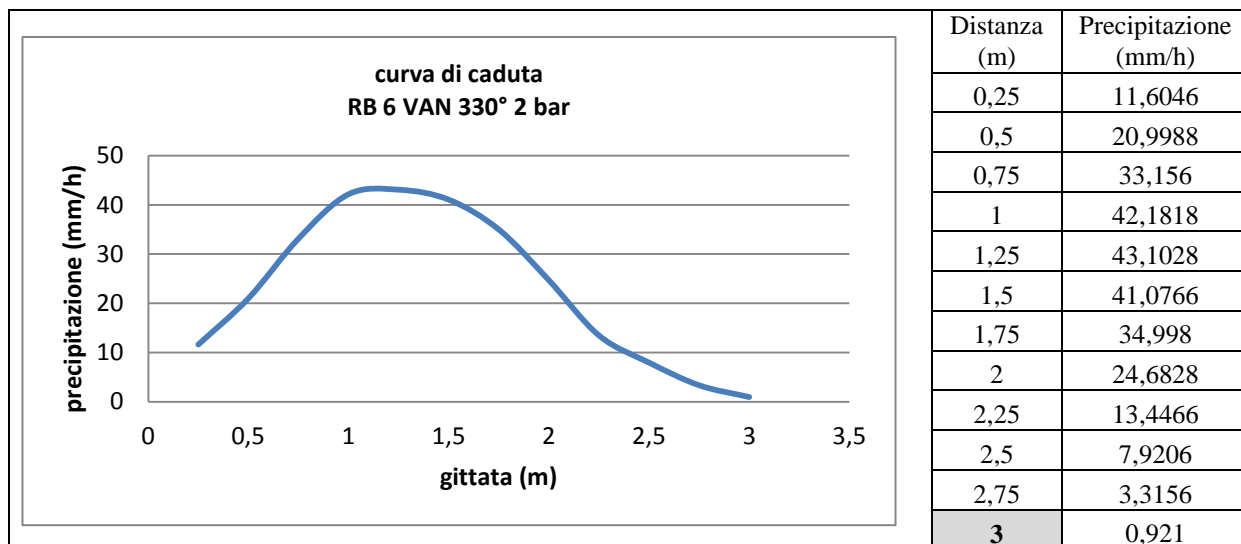
L'uniformità di distribuzione risulta essere migliore alla pressione di 2 bar; in entrambi i casi, però, tale uniformità risulta essere scarsa.

Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 2,5 metri, risulta essere superiore a quello dichiarato, pari a 1,2 metri. La stessa cosa vale per quello da 2 bar, pari a 3 metri, che risulta essere superiore a quello dichiarato, pari a 1,8 metri.

Serie 6-VAN 330°



DU _{lg}	CU
0,31	37

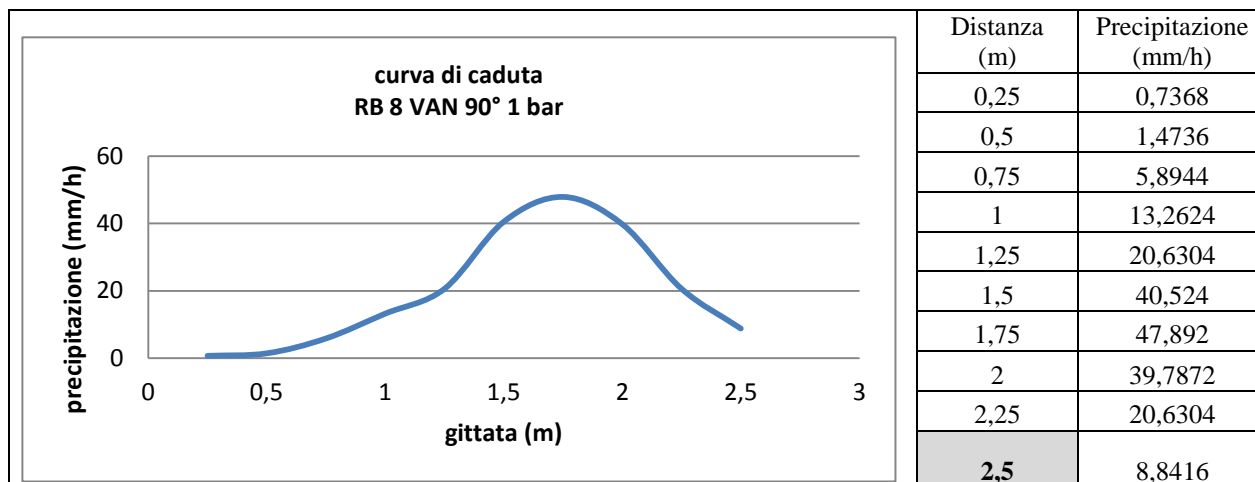


DU _{lg}	CU
0,18	42

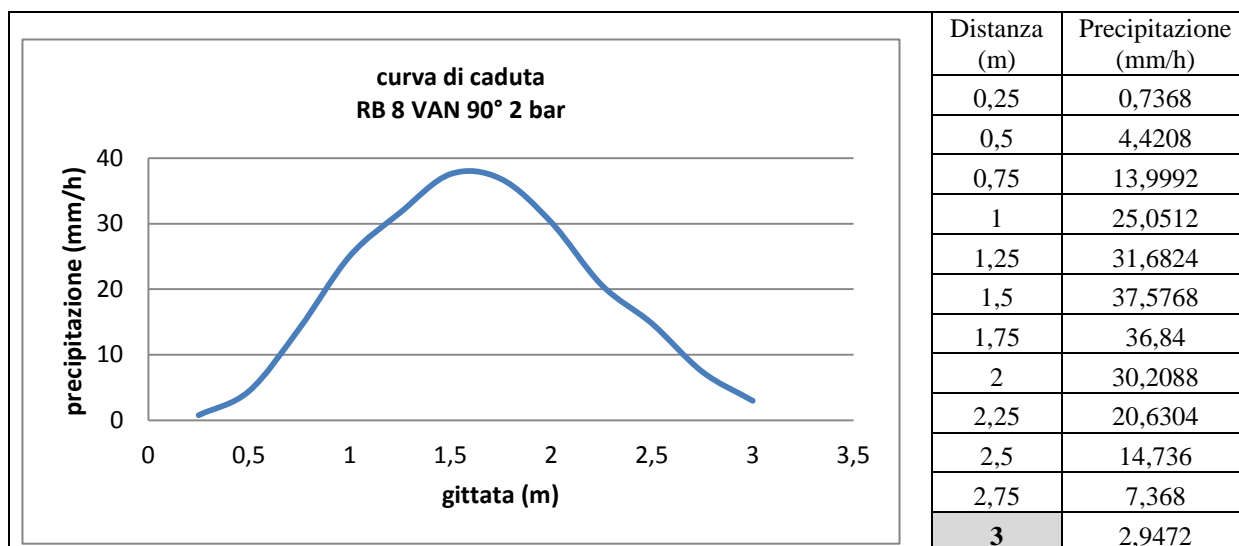
L'uniformità di distribuzione risulta essere migliore alla pressione di 2 bar; in entrambi i casi, però, tale uniformità risulta essere scarsa.

Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 1,75 metri, risulta essere di poco superiore a quello dichiarato, pari a 1,2 metri. La stessa cosa vale per quello da 2 bar, pari a 3 metri, che risulta essere superiore a quello dichiarato, pari a 1,8 metri.

Serie 8-VAN 90°



DU _{lq}	CU
0,41	30

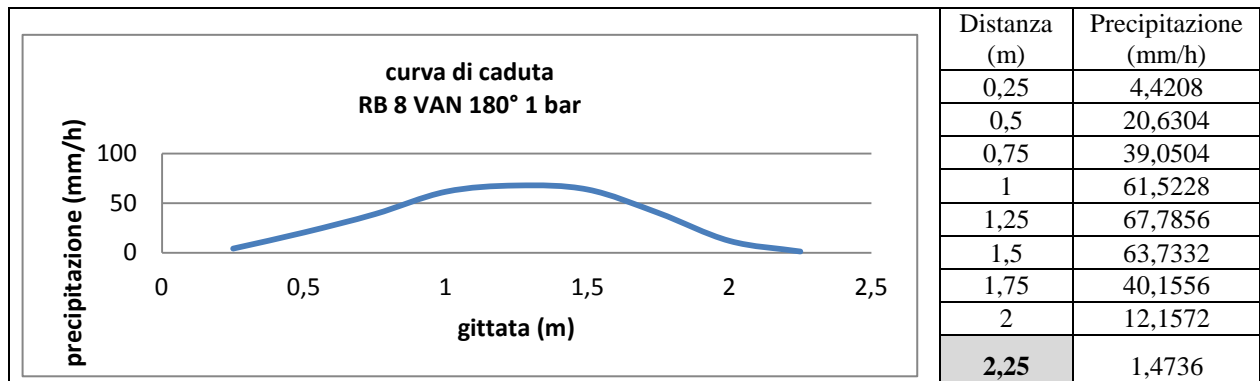


DU _{lq}	CU
0,14	39

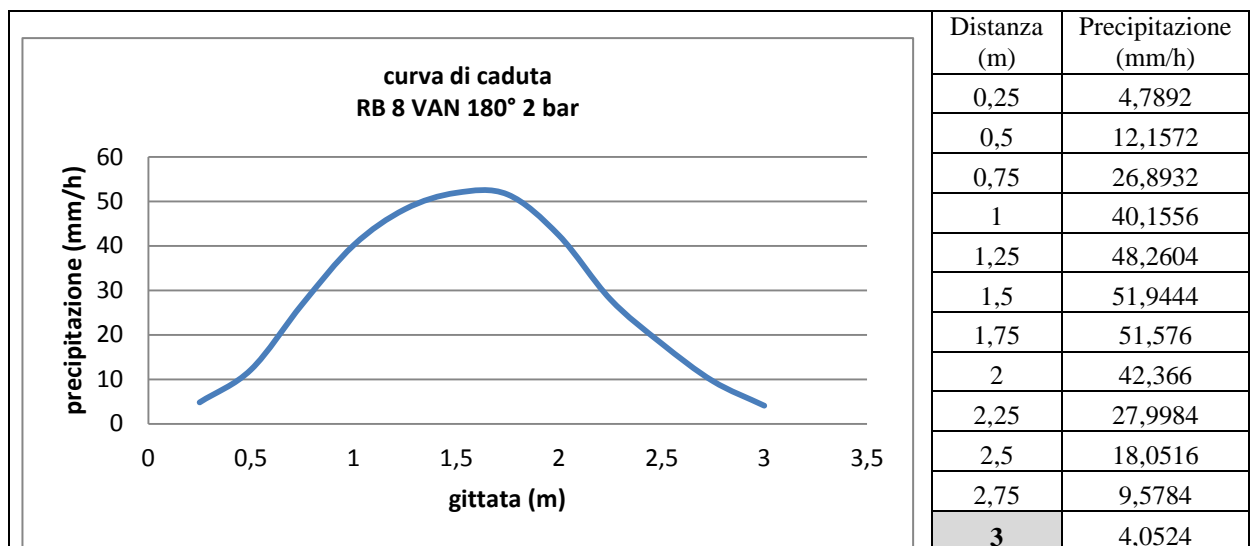
L'uniformità di distribuzione risulta essere migliore alla pressione di 2 bar; in entrambi i casi, però, tale uniformità risulta essere scarsa.

Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 2,50 metri, risulta essere superiore a quello dichiarato, pari a 1,8 metri. La stessa cosa vale per quello da 2 bar, pari a 3 metri, che risulta essere superiore a quello dichiarato, pari a 2,3 metri.

Serie 8-VAN 180°



DU_{lg}	CU
0,09	36

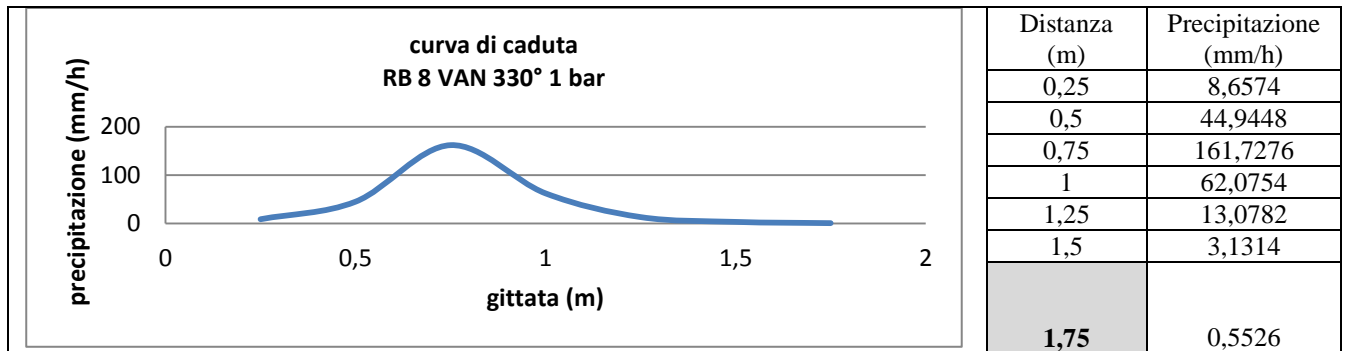


DU_{lg}	CU
0,22	45

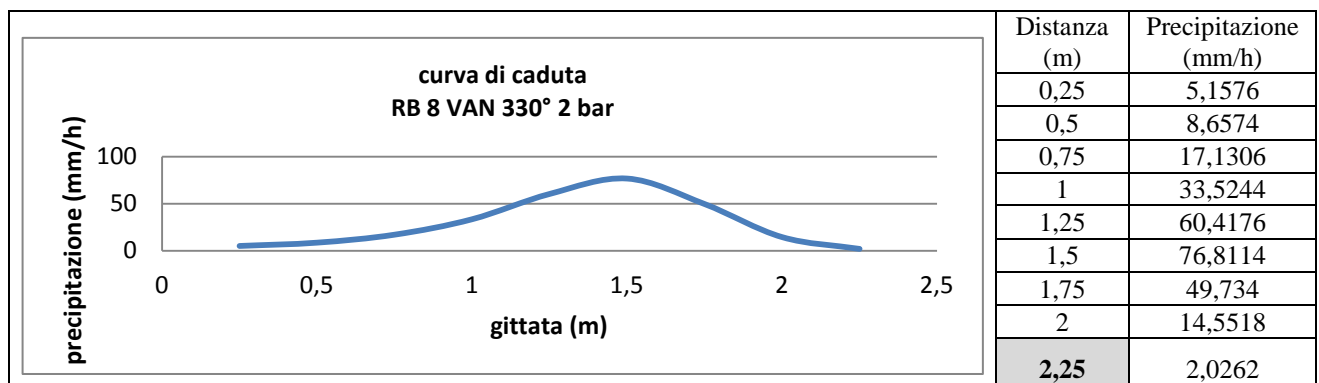
L'uniformità di distribuzione risulta essere migliore alla pressione di 2 bar; in entrambi i casi, però, tale uniformità risulta essere scarsa.

Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 2,25 metri, risulta essere di poco superiore a quello dichiarato, pari a 1,8 metri. Per quello da 2 bar, invece, la gittata pari a 3 metri, risulta essere superiore a quello dichiarato, pari a 2,3 metri.

Serie 8-VAN 330°



DU _{lq}	CU
0,04	3

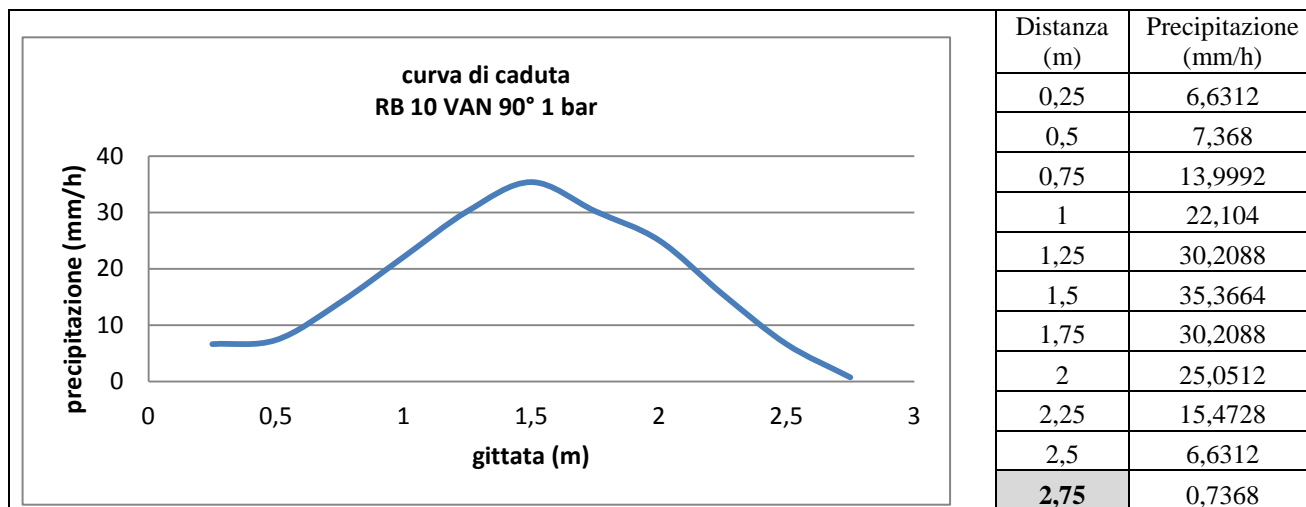


DU _{lq}	CU
0,12	24

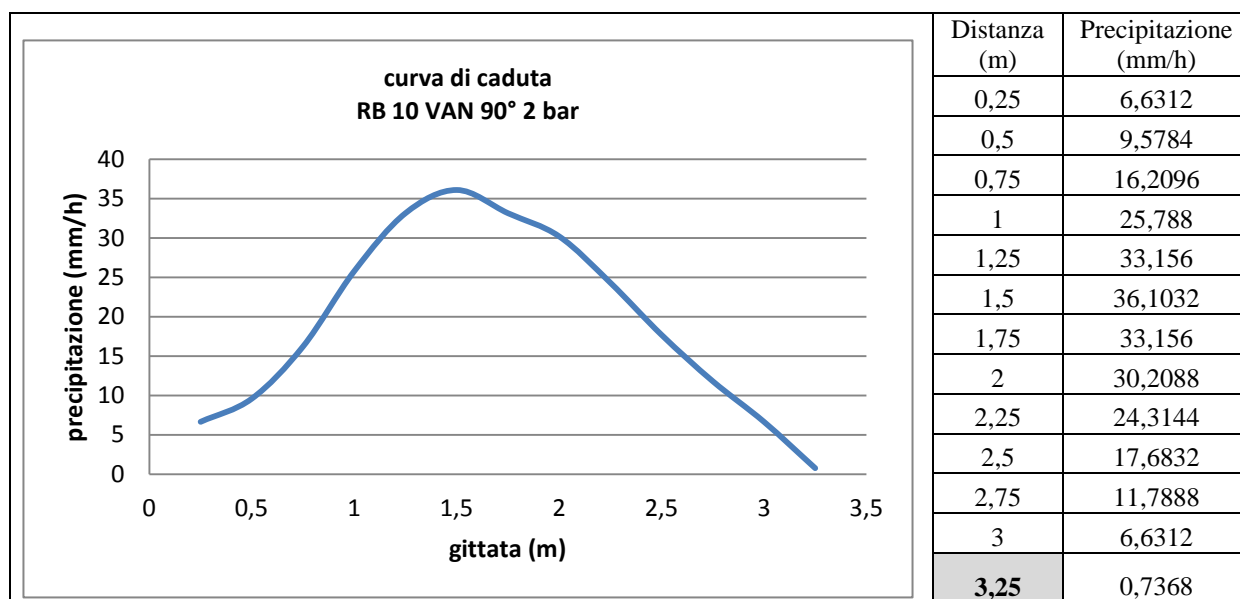
L'uniformità di distribuzione risulta essere migliore alla pressione di 2 bar; in entrambi i casi, però, tale uniformità risulta molto scarsa.

Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 1,75 metri, risulta essere molto simile a quello dichiarato, pari a 1,8 metri. La stessa cosa vale per quello da 2 bar, pari a 2,25 metri, che risulta essere molto simile a quello dichiarato, pari a 2,3 metri.

Serie 10-VAN 90°



DU _{Iq}	CU
0,27	43

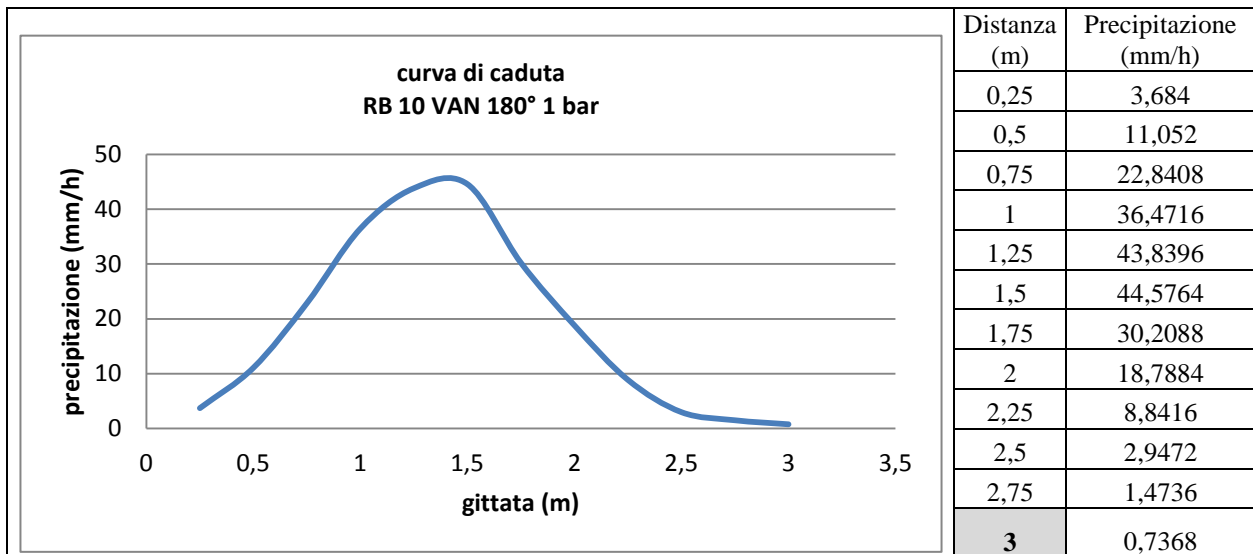


DU _{Iq}	CU
0,24	47

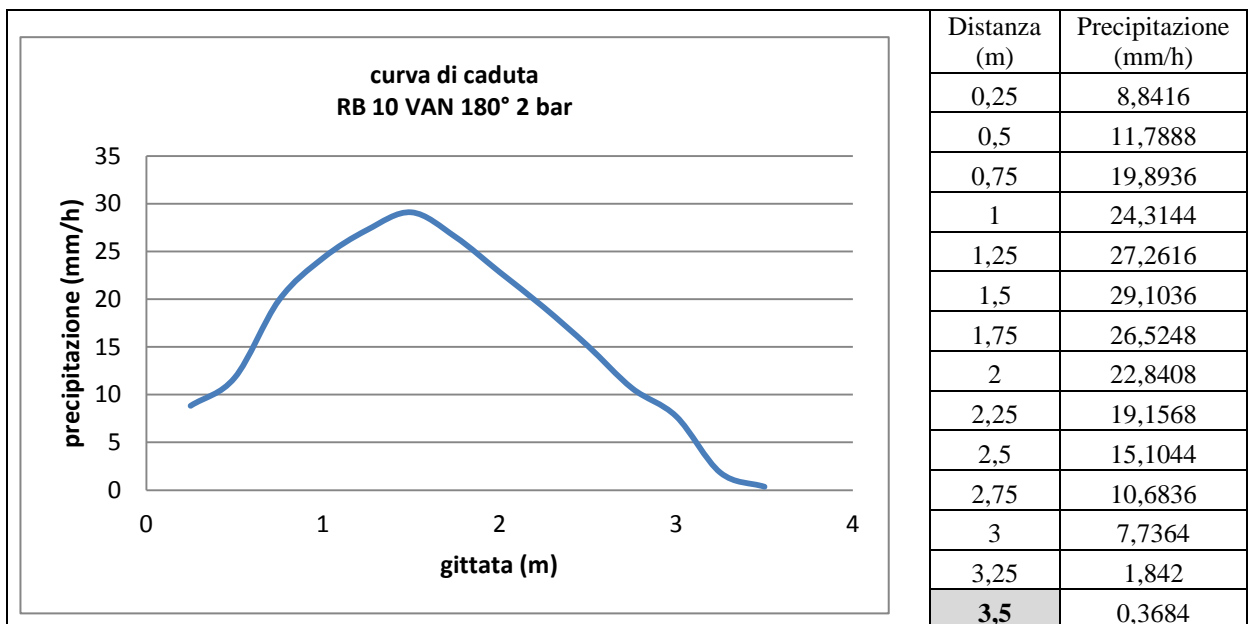
L'uniformità di distribuzione risulta essere migliore alla pressione di 2 bar; in entrambi i casi, però, tale uniformità risulta essere scarsa.

Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 2,75 metri, risulta essere superiore a quello dichiarato, pari a 2,1 metri. La stessa cosa vale per quello da 2 bar, pari a 3,25 metri, che risulta essere superiore a quello dichiarato, pari a 2,7 metri.

Serie 10-VAN 180°



DU _{lq}	CU
0,09	26

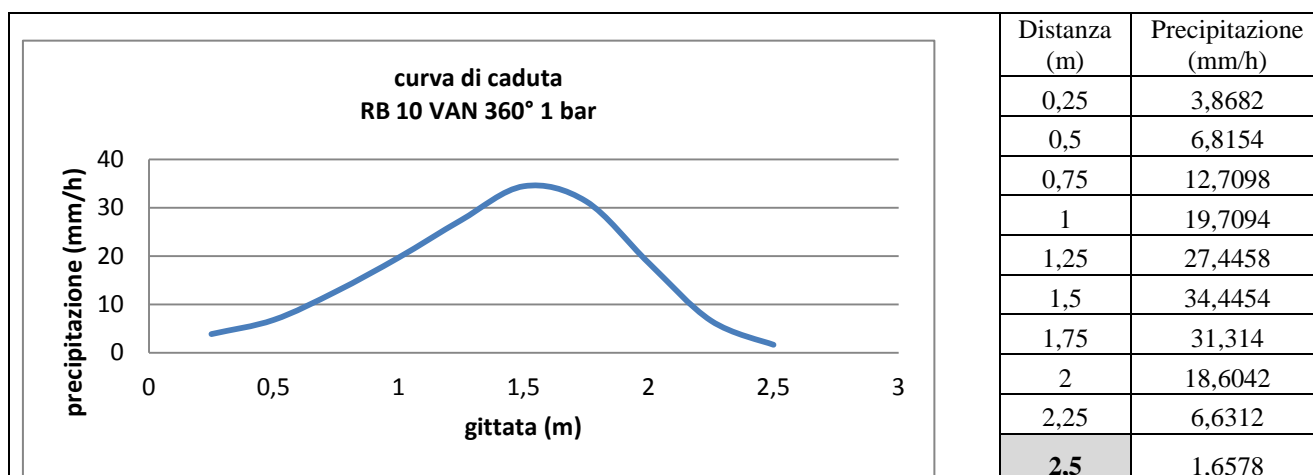


DU _{lq}	CU
0,29	50

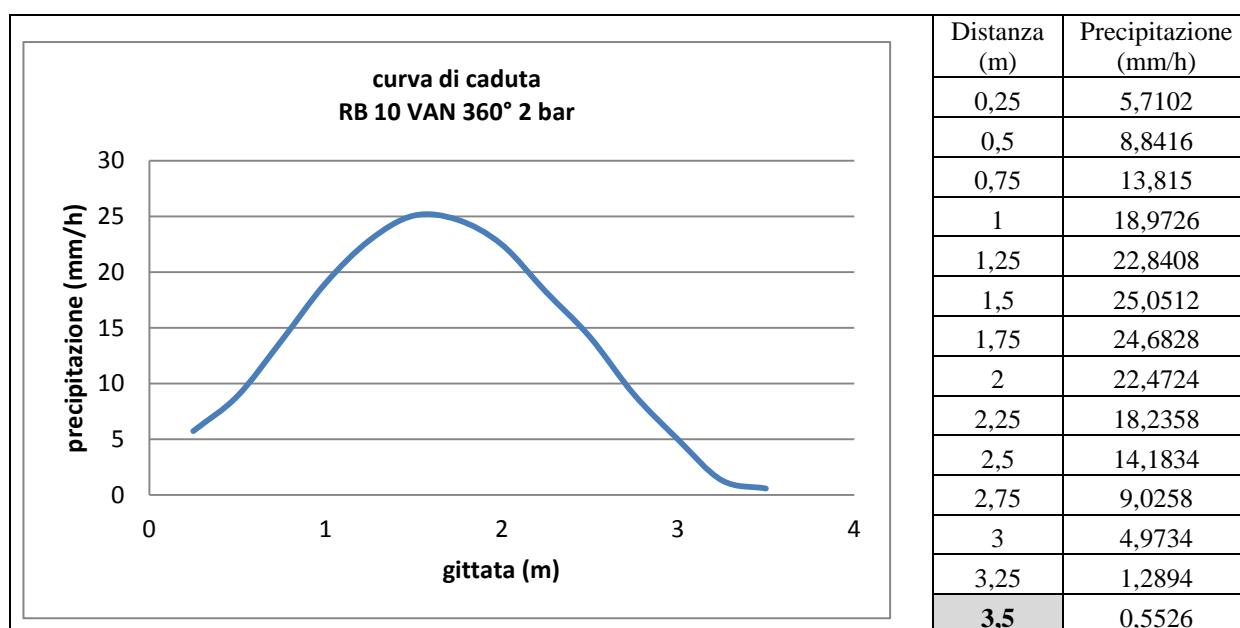
L'uniformità di distribuzione risulta essere migliore alla pressione di 2 bar; in entrambi i casi, però, tale uniformità risulta essere scarsa.

Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 3 metri, risulta essere superiore a quello dichiarato, pari a 2,1 metri. La stessa cosa vale per quello da 2 bar, pari a 3,5 metri, che risulta essere superiore a quello dichiarato, pari a 2,7 metri.

Serie 10-VAN 360°



DU _{lq}	CU
0,25	39

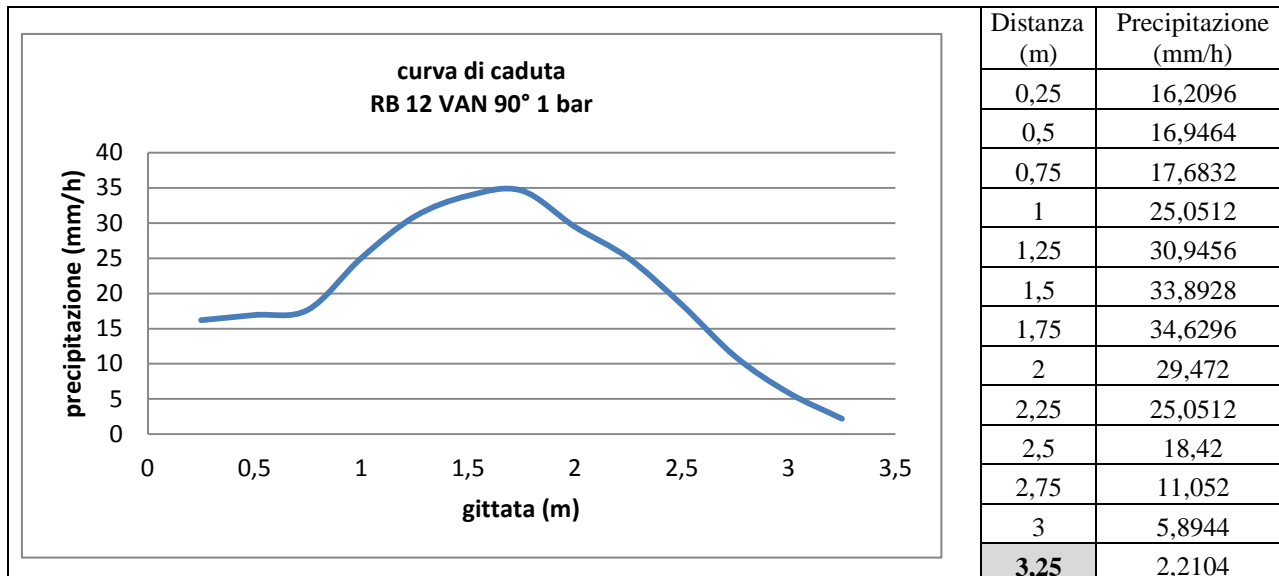


DU _{lq}	CU
0,23	46

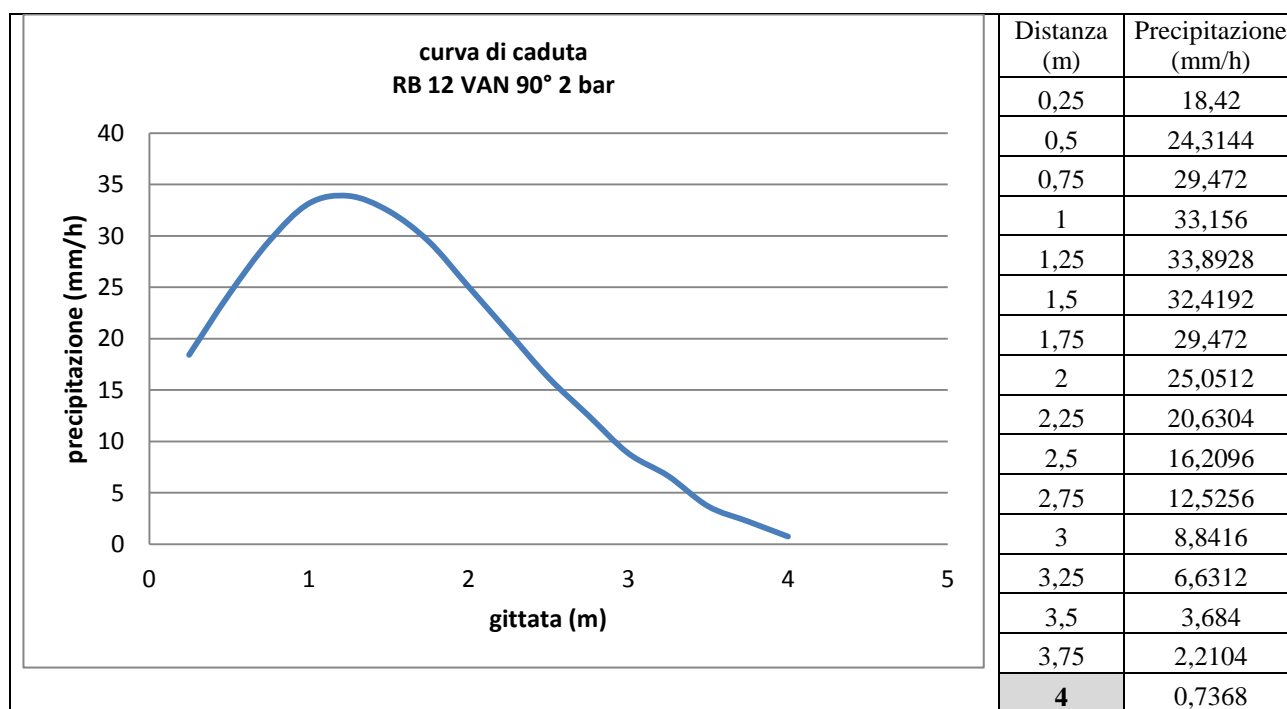
L'uniformità di distribuzione risulta essere migliore alla pressione di 2 bar; in entrambi i casi, però, tale uniformità risulta essere scarsa.

Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 2,5 metri, risulta essere di poco superiore a quello dichiarato, pari a 2,1 metri. Per quello da 2 bar, invece, la gittata pari a 3,5 metri, risulta essere superiore a quello dichiarato, pari a 2,7 metri.

Serie 12-VAN 90°



DU _{lq}	CU
0,31	58

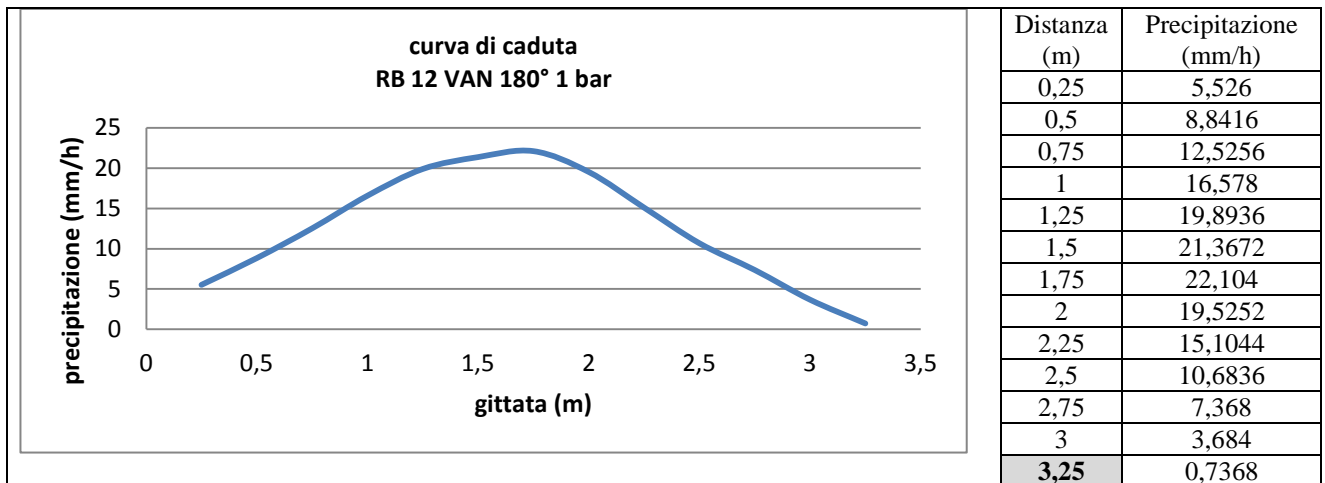


DU _{lq}	CU
0,18	47

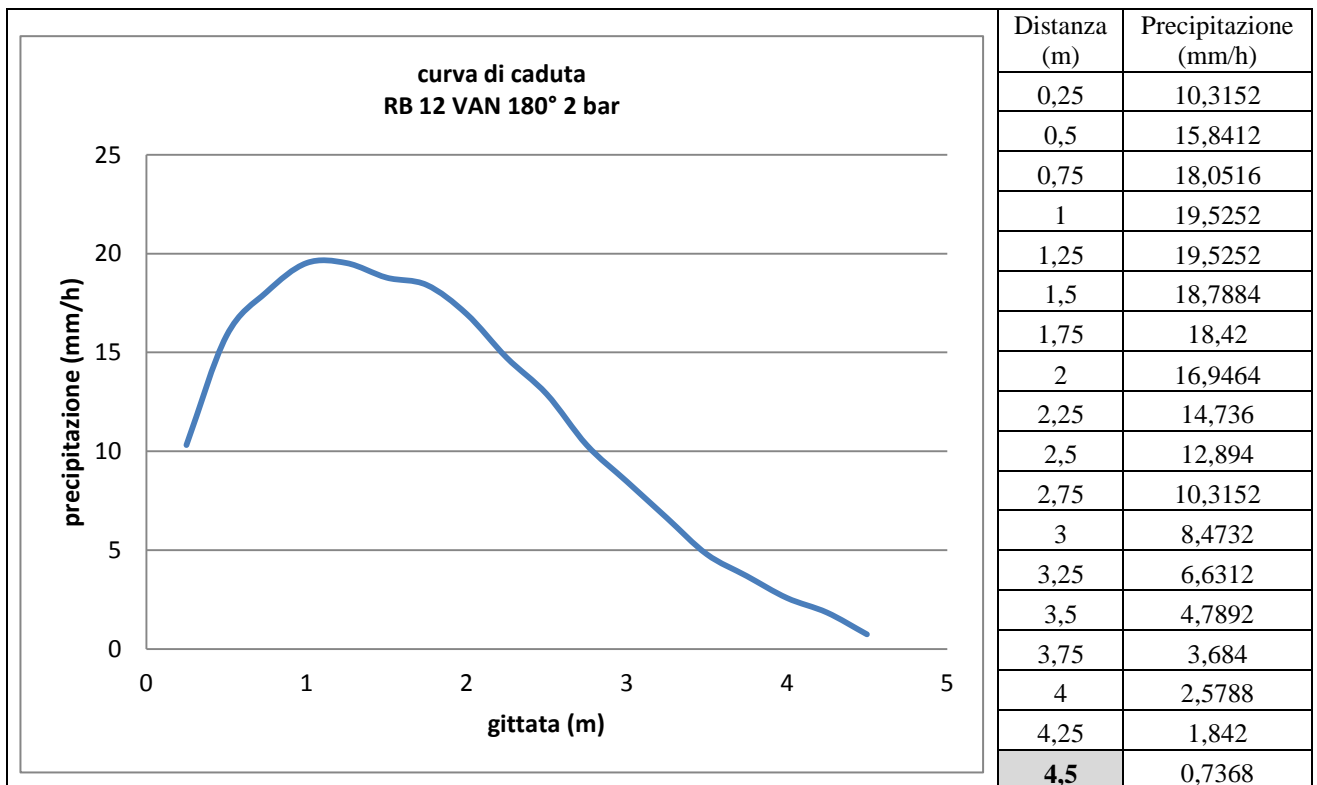
L'uniformità di distribuzione risulta essere migliore alla pressione di 1 bar; in entrambi i casi, però, tale uniformità risulta essere scarsa.

Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 3,25 metri, risulta essere di poco superiore a quello dichiarato, pari a 2,7 metri. La stessa cosa vale per quello da 2 bar, pari a 4 metri, che risulta essere di poco superiore a quello riportato nel catalogo, pari a 3,6 metri.

Serie 12-VAN 180°



DU_{lq}	CU
0,26	53

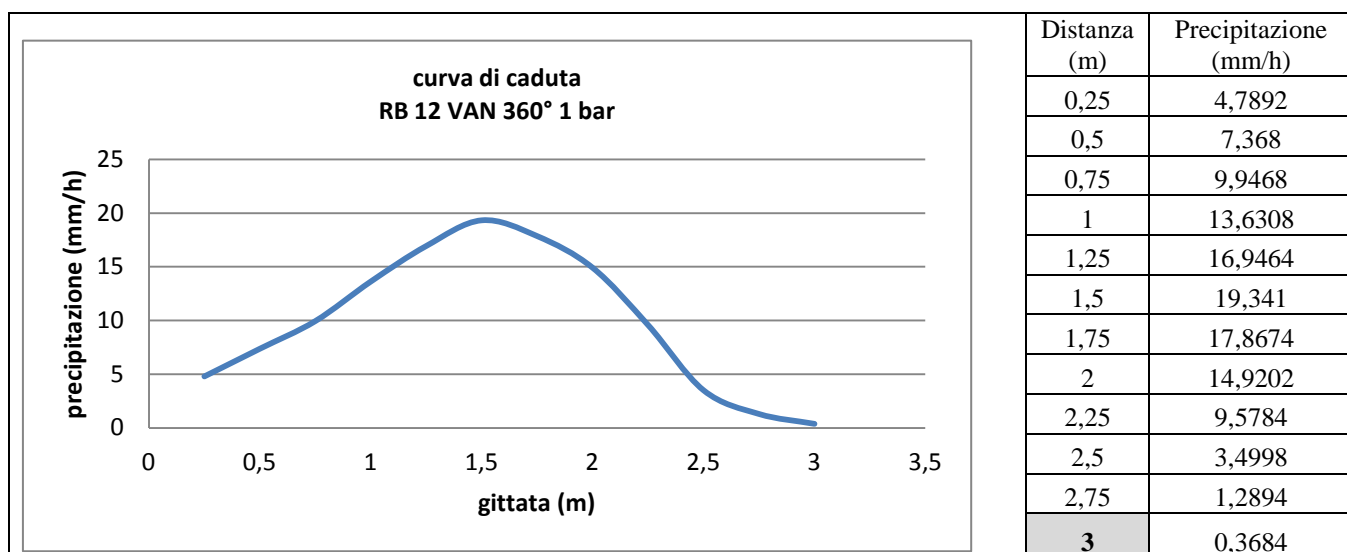


DU_{lq}	CU
0,34	58

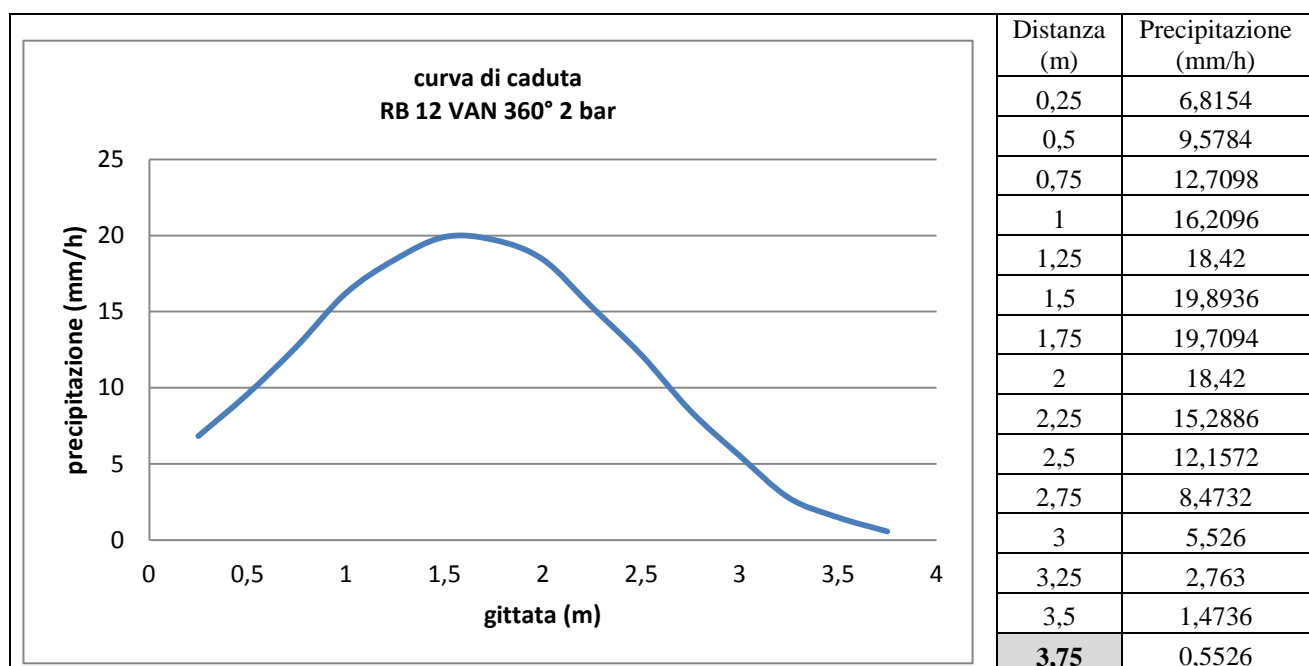
L'uniformità di distribuzione risulta essere migliore alla pressione di 2 bar; in entrambi i casi, però, tale uniformità risulta essere scarsa.

Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 3,25 metri, risulta essere di poco superiore a quello dichiarato, pari a 2,7 metri. Per quello da 2 bar, invece, la gittata pari a 4,5 metri, risulta essere superiore a quello dichiarato, pari a 3,6 metri.

Serie 12-VAN 360°



DU_{lg}	CU
0,17	45

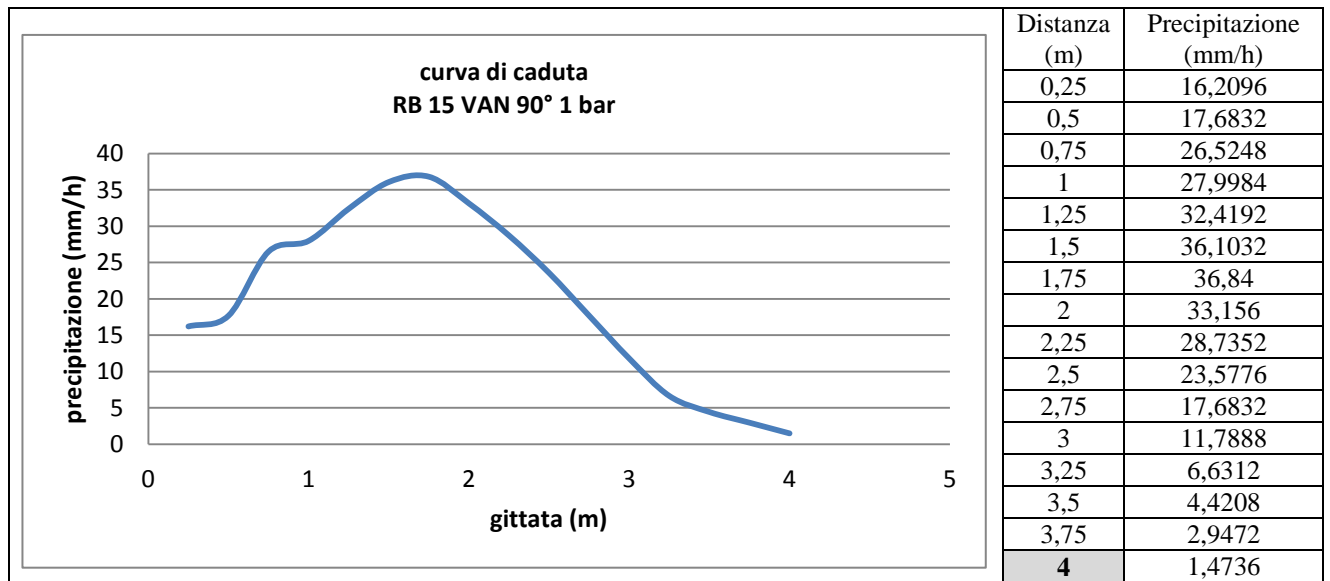


DU_{lg}	CU
0,23	49

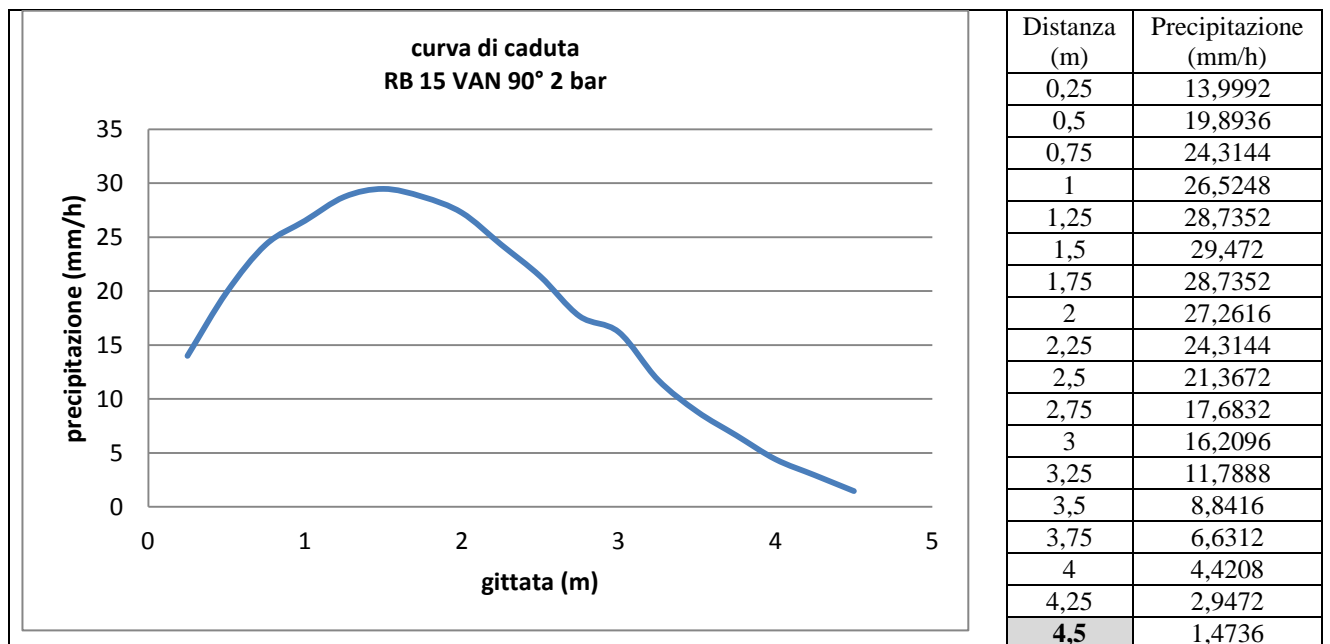
L'uniformità di distribuzione risulta essere migliore alla pressione di 2 bar; in entrambi i casi, però, tale uniformità risulta essere scarsa.

Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 3 metri, risulta essere molto simile a quello dichiarato, pari a 2,7 metri. La stessa cosa vale per quello da 2 bar, pari a 3,75 metri, che risulta essere molto simile a quello riportato nel catalogo, pari a 3,6 metri.

Serie 15-VAN 90°



DU _{lg}	CU
0,19	49

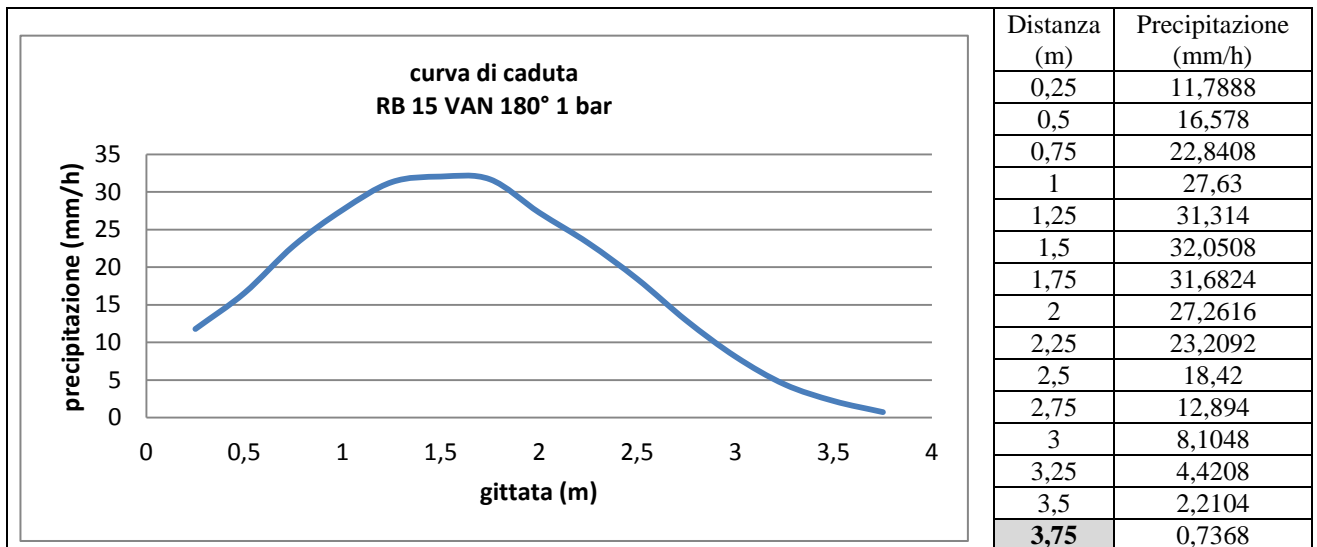


DU _{lg}	CU
0,28	53

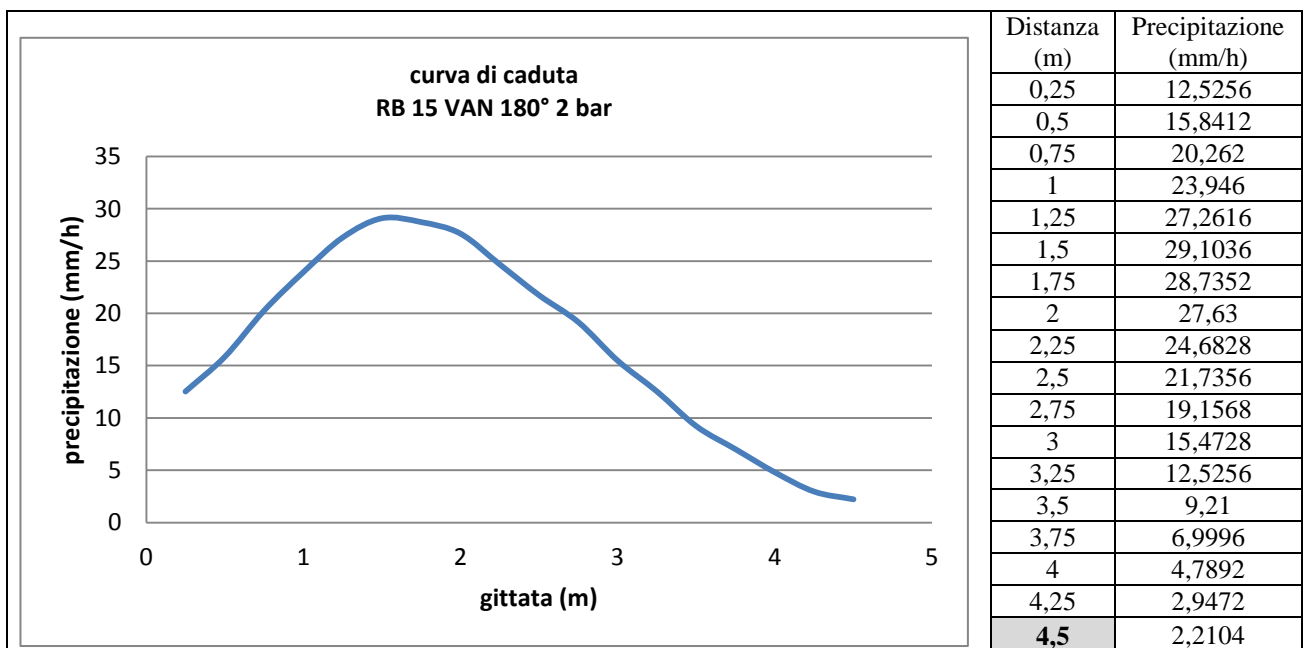
L'uniformità di distribuzione risulta essere migliore alla pressione di 2 bar; in entrambi i casi, però, tale uniformità risulta essere scarsa.

Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 4 metri, risulta essere di poco superiore a quello dichiarato, pari a 3,4 metri. La gittata da 2 bar, pari a 4,5 metri, invece, risulta coincidere con quello riportato nel catalogo.

Serie 15-VAN 180°



DU _{lq}	CU
0,21	49

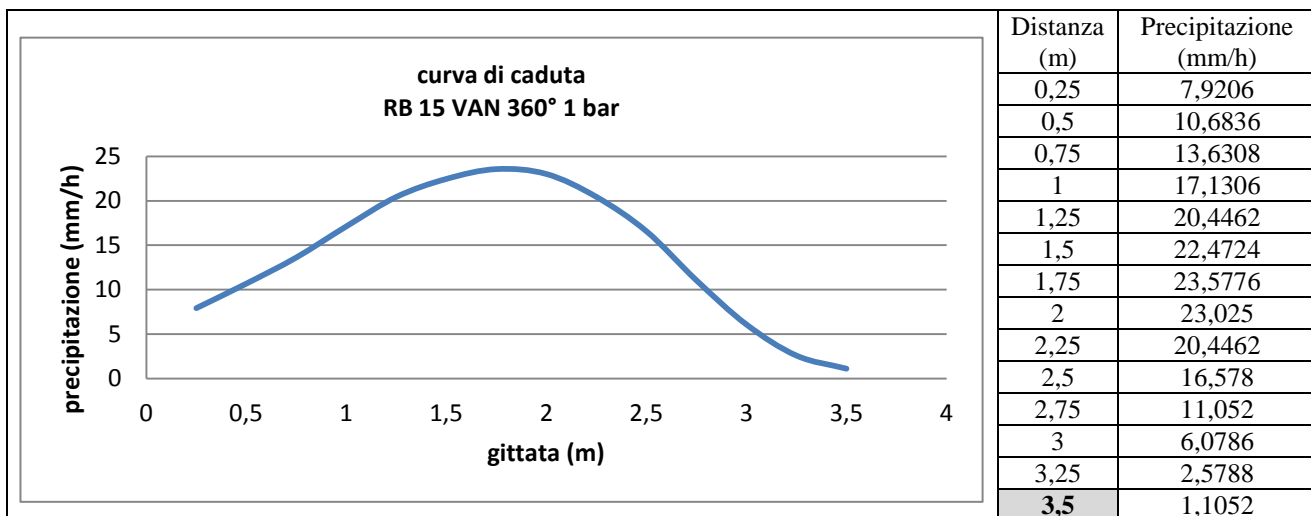


DU _{lq}	CU
0,31	54

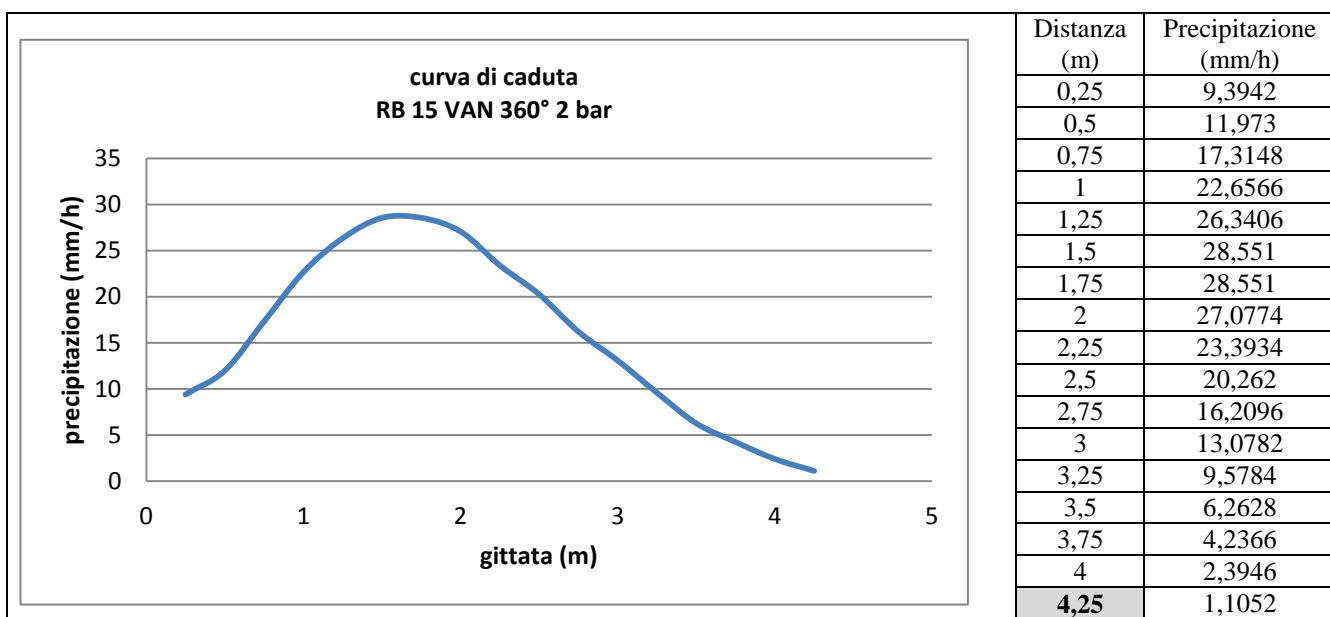
L'uniformità di distribuzione risulta essere migliore alla pressione di 2 bar; in entrambi i casi, però, tale uniformità risulta essere scarsa.

Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 3,75 metri, risulta essere molto simile a quello dichiarato, pari a 3,4 metri. La gittata da 2 bar, invece, risulta coincidere con quello riportato nel catalogo.

Serie 15-VAN 360°



DU _{lq}	CU
0,32	54

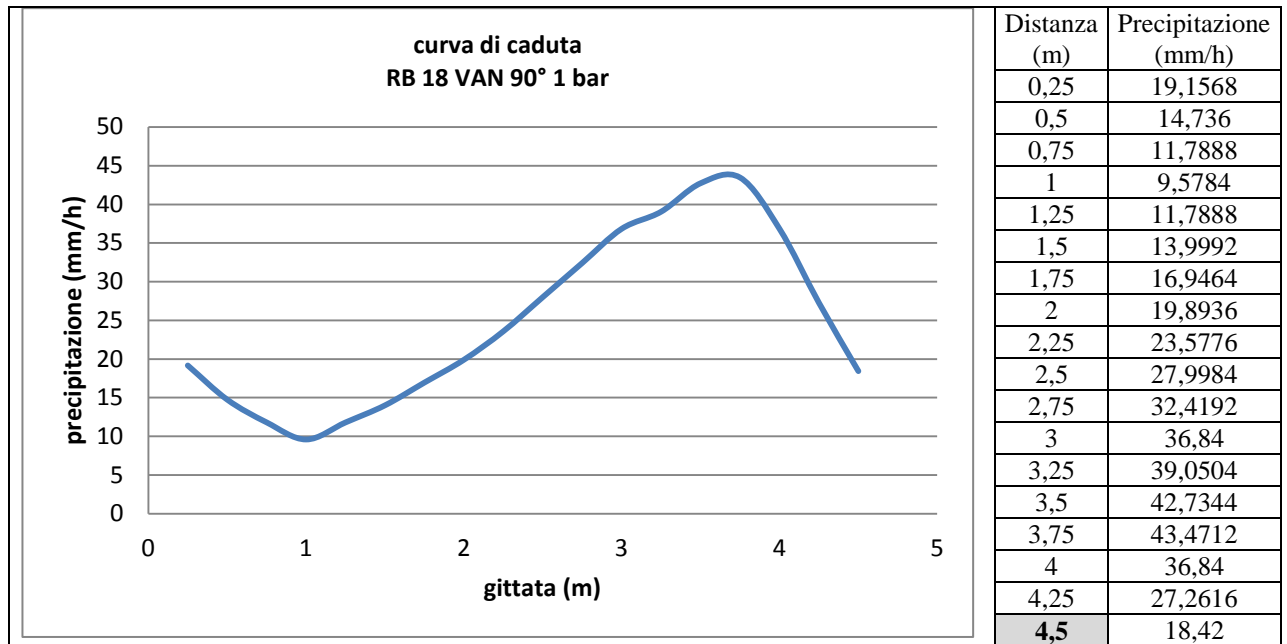


DU _{lq}	CU
0,22	49

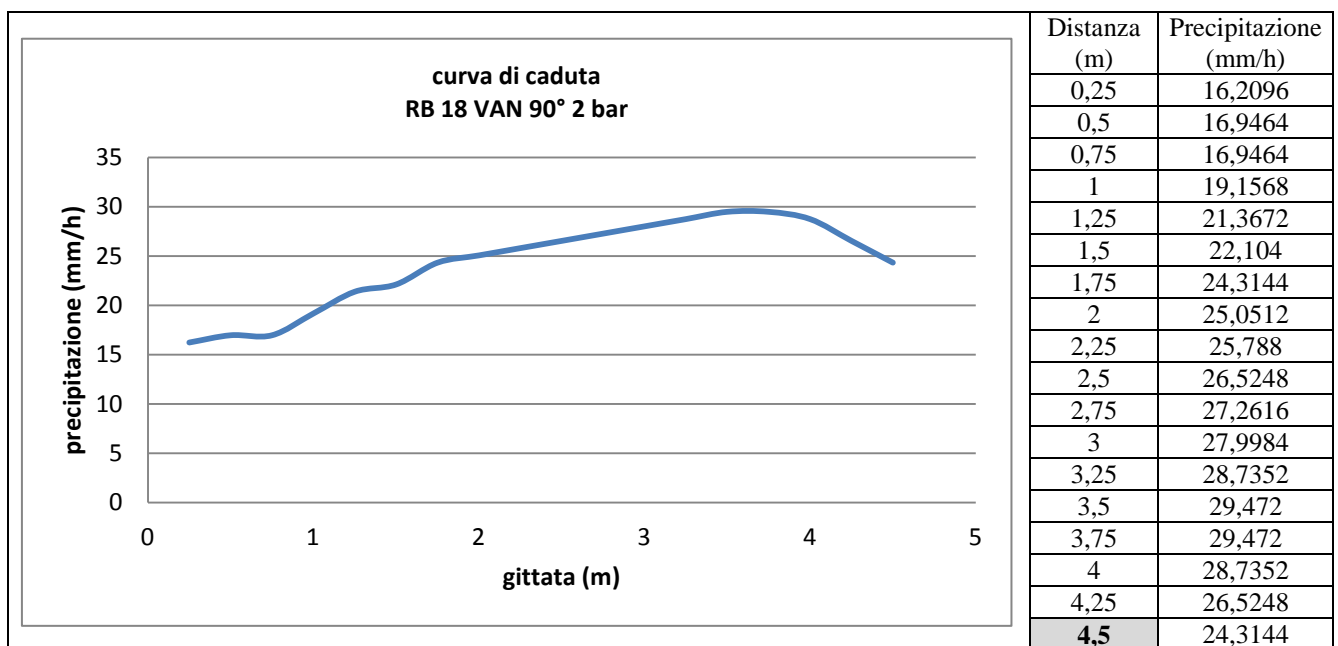
L'uniformità di distribuzione risulta essere migliore alla pressione di 1 bar; in entrambi i casi, però, tale uniformità risulta essere scarsa.

Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 3,5 metri, risulta essere molto simile a quello dichiarato, pari a 3,4 metri. La stessa cosa vale per quello da 2 bar, pari a 4,25 metri, che risulta essere molto simile a quello riportato nel catalogo, pari a 4,5 metri.

Serie 18-VAN 90°



DU _{lq}	CU
0,5	61

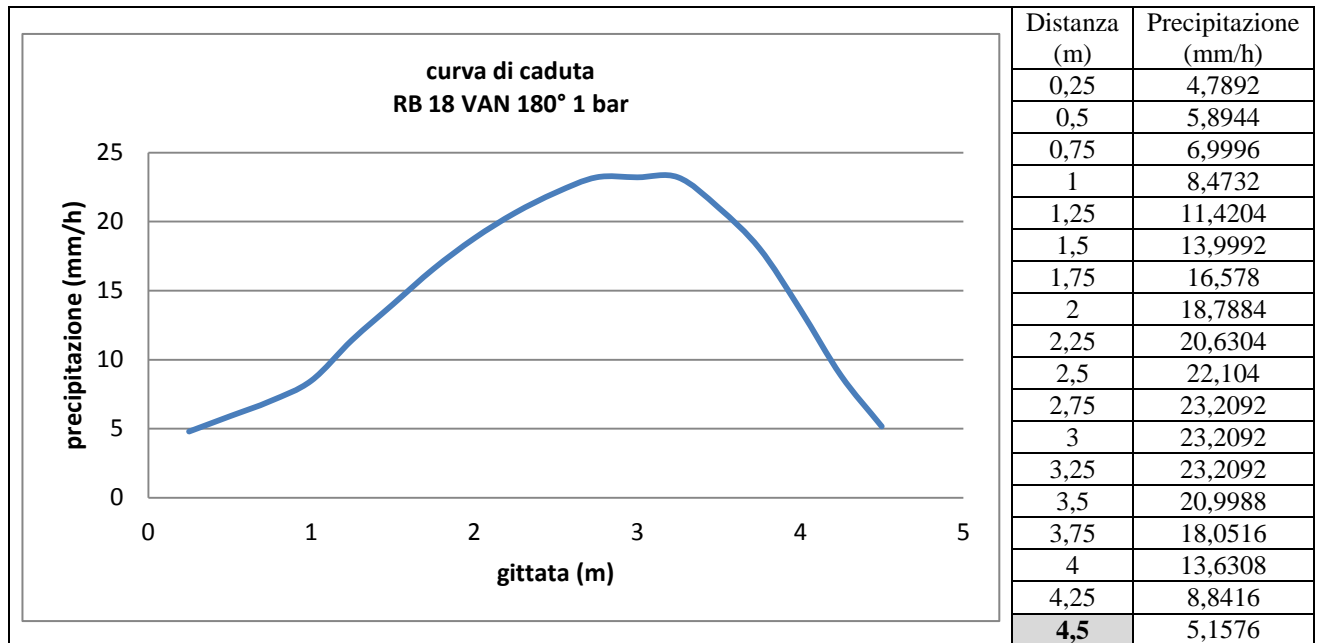


DU _{lq}	CU
0,75	85

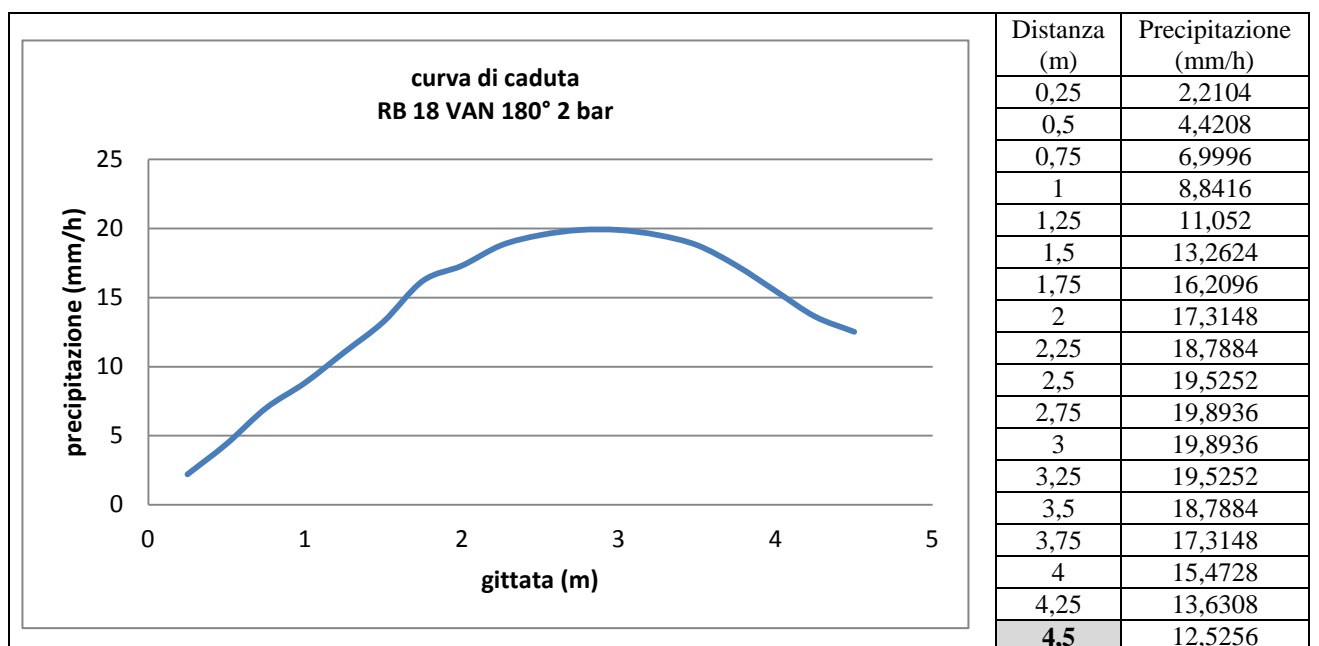
L'uniformità di distribuzione risulta essere migliore alla pressione di 2 bar; nel primo caso essa risulta essere scarsa, mentre nel secondo caso raggiunge un valore ottimale.

Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 4,5 metri, risulta essere molto simile a quello dichiarato, pari a 4,3 metri. Per quello da 2 bar, invece, la gittata pari a 4,5 metri, risulta essere inferiore a quello dichiarato, pari a 5,4 metri.

Serie 18-VAN 180°



DU _{lq}	CU
0,42	60

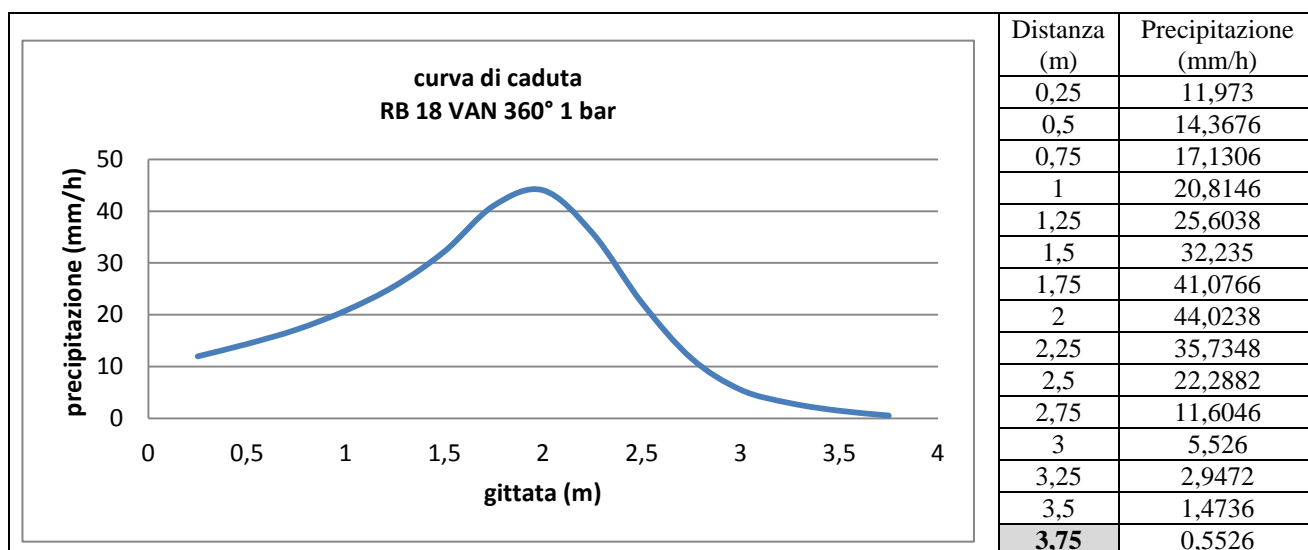


DU _{lq}	CU
0,47	68

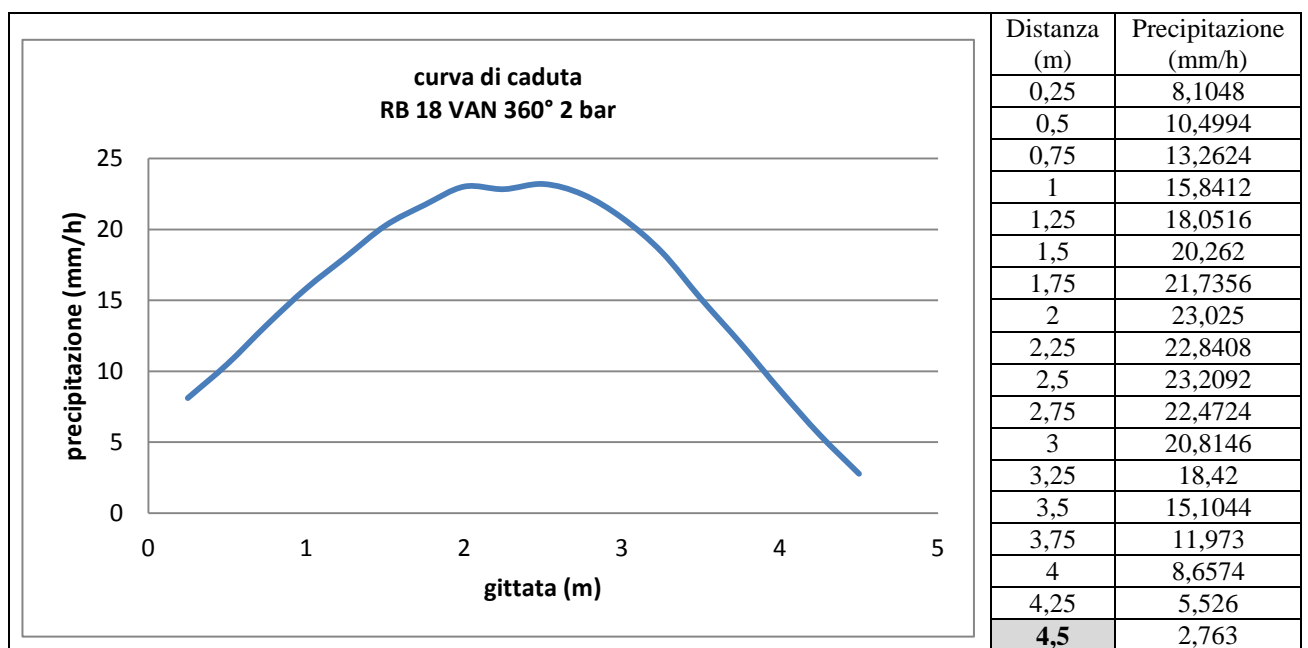
L'uniformità di distribuzione risulta essere migliore alla pressione di 2 bar; in entrambi i casi, però tale uniformità risulta essere scarsa.

Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 4,5 metri, risulta essere molto simile a quello dichiarato, pari a 4,3 metri. Per quello da 2 bar, invece, la gittata pari a 4,5 metri, risulta essere inferiore a quello dichiarato, pari a 5,4 metri.

Serie 18-VAN 360°



DU _{lq}	CU
0,14	39



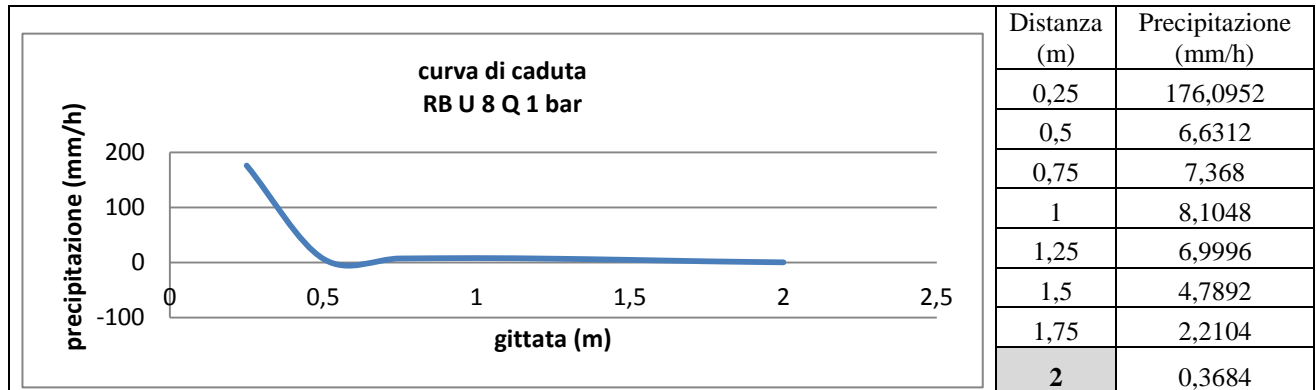
DU _{lq}	CU
0,45	65

L'uniformità di distribuzione risulta essere migliore alla pressione di 2 bar; in entrambi i casi, però, tale uniformità risulta essere scarsa.

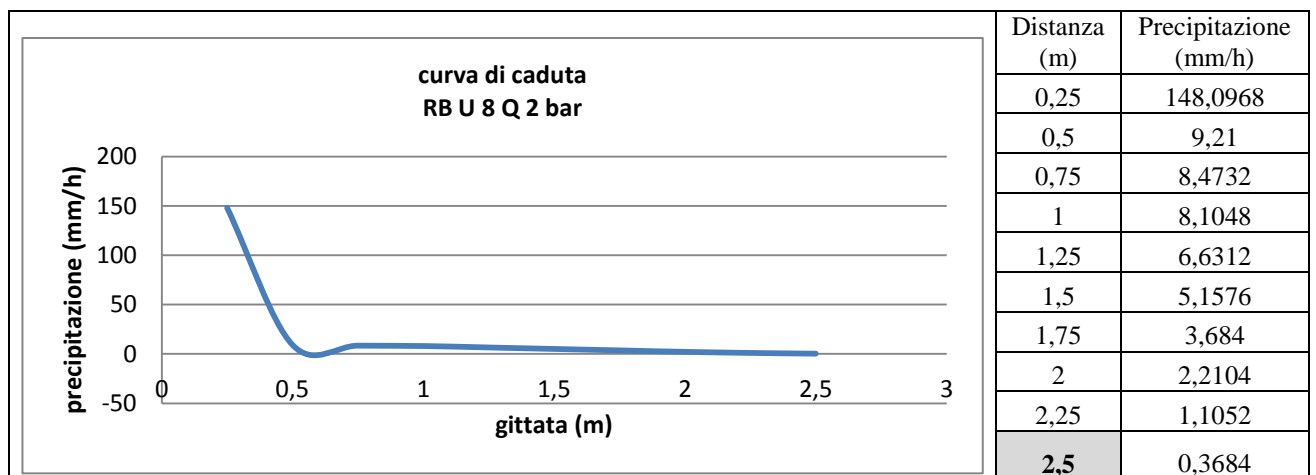
Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 3,75 metri, risulta essere inferiore a quello dichiarato, pari a 4,3 metri. La stessa cosa vale per quello da 2 bar, pari a 4,5 metri, che risulta essere inferiore a quello riportato nel catalogo, pari a 5,4 metri.

Gli ugelli della serie U bagnano molto subito sotto l'irrigatore, mentre bagnano molto poco man mano che ci si allontana da esso, con una curva pluviometrica ad andamento quasi piatto, ovvero con ampio plateau, molto interessante per una disposizione degli irrigatori a una distanza pari alla gittata e con una pluviometria molto bassa per uno statico.

Serie U-8-Q



DU_{lq}	CU
0,05	-41

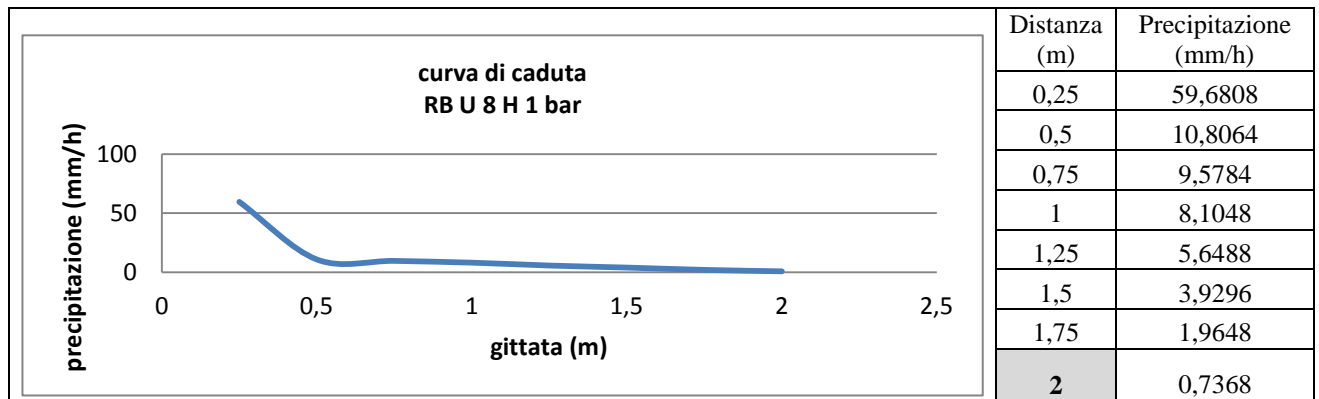


DU_{lq}	CU
0,06	-33

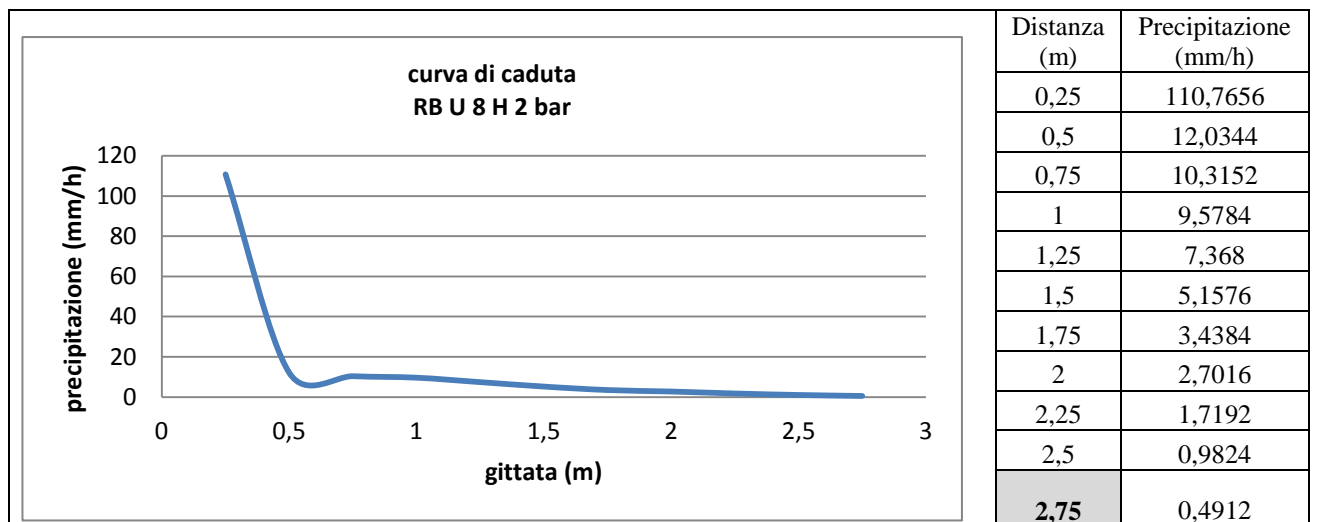
I coefficienti sono negativi; il problema è dovuto all'abbondante quantità di acqua caduta nelle vicinanze dell'irrigatore.

Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 2 metri, risulta essere molto di poco superiore a quello dichiarato, pari a 1,5 metri. Per quello da 2 bar, invece, la gittata pari a 2,5 metri, risulta essere molto simile a quello dichiarato, pari a 2,3 metri.

Serie U-8-H



DU_{lq}	CU
0,11	6

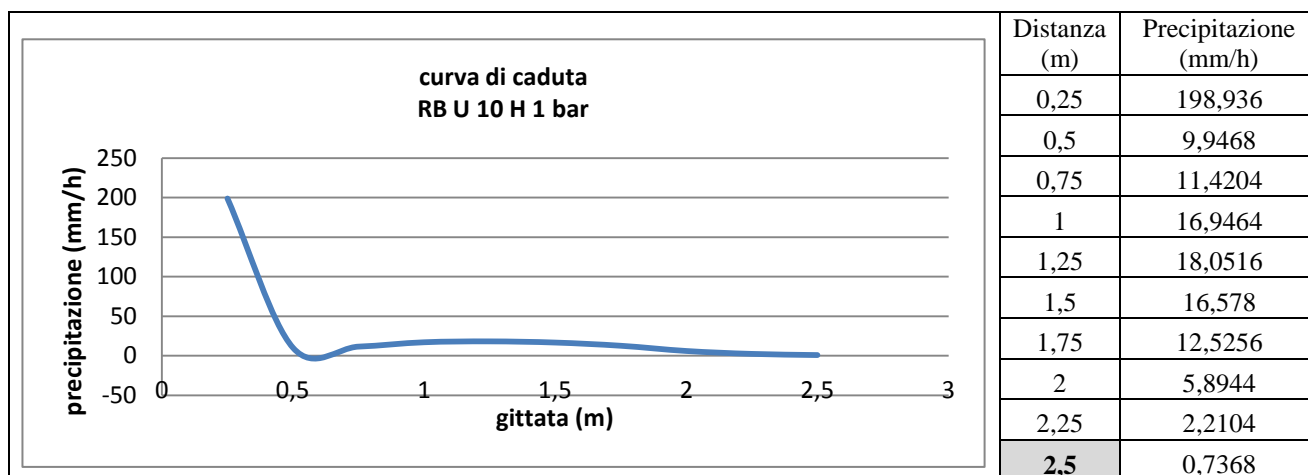


DU_{lq}	CU
0,07	-17

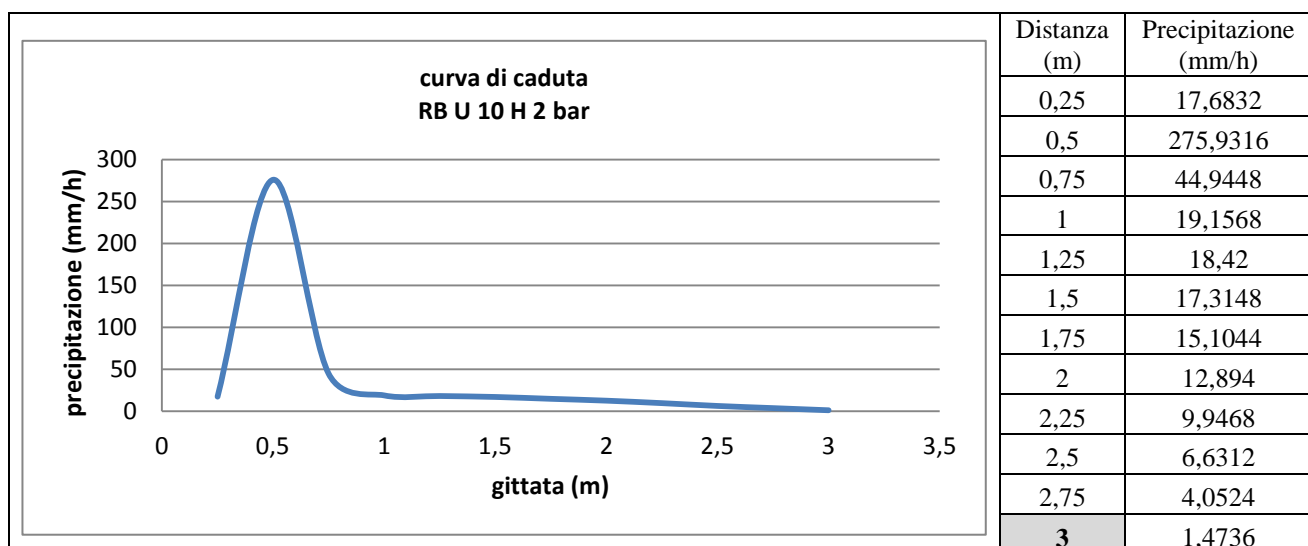
L'uniformità di distribuzione risulta essere migliore alla pressione di 1 bar; alla pressione di 2 bar, invece, il coefficiente è negativo a causa dell'elevata quantità d'acqua caduta nei pressi dell'irrigatore.

Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 2 metri, risulta essere di poco superiore a quello dichiarato, pari a 1,5 metri. La stessa cosa vale per quello da 2 bar, pari a 2,75 metri, che risulta essere di poco superiore a quello riportato nel catalogo, pari a 2,3 metri.

Serie U-10-H



DU _{lq}	CU
0,1	-16

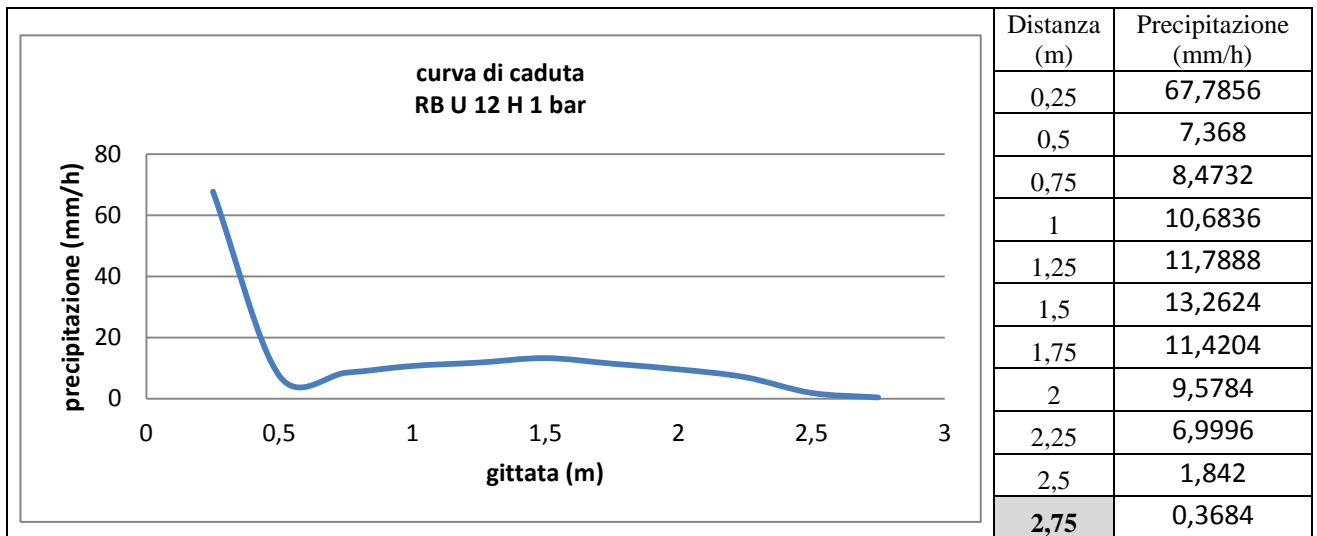


DU _{lq}	CU
0,11	-11

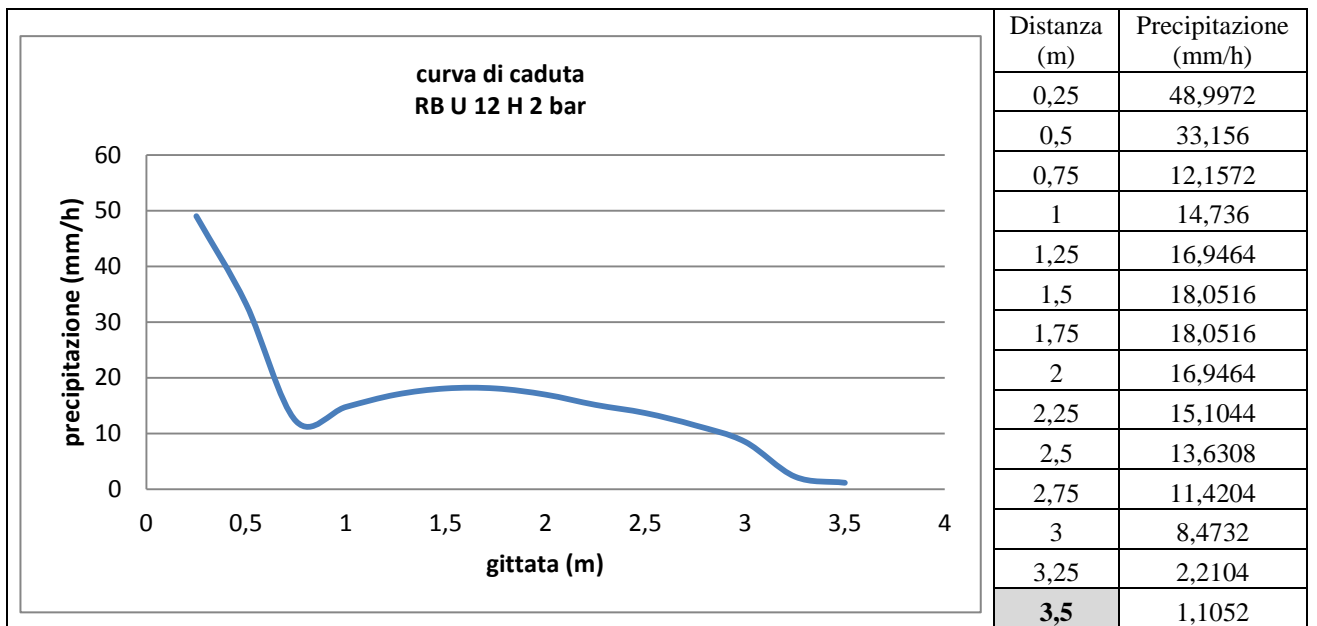
I coefficienti sono negativi; il problema è dovuto all'abbondante quantità di acqua caduta nelle vicinanze dell'irrigatore.

Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 2,5 metri, risulta essere molto simile a quello dichiarato, pari a 2,1 metri. La gittata da 2 bar, pari a 3 metri, invece, risulta coincidere con quello riportato nel catalogo.

Serie U-12-H



DU_{lq}	CU
0,23	28



DU_{lq}	CU
0,35	54

L'uniformità di distribuzione risulta essere migliore alla pressione di 2 bar; in entrambi i casi, però, tale uniformità risulta essere scarsa.

Il valore della gittata, alla pressione di 1 bar, pari a 2,75 metri, risulta essere molto simile a quello dichiarato, pari a 2,7 metri. La stessa cosa vale per quello da 2 bar, pari a 3,5 metri, che risulta essere molto simile a quello riportato nel catalogo, pari a 3,6 metri.

7. Conclusioni

È stata valutata la quantità e la qualità della distribuzione dell'acqua da parte di un irrigatore statico della ditta RainBird, utilizzando diversi tipi di ugelli a diverse pressioni e i valori ottenuti sono stati confrontati con quelli indicati nel catalogo della ditta produttrice.

Si è potuto osservare che la distribuzione dell'acqua avviene in modo non uniforme sia per quanto riguarda gli ugelli VAN che gli ugelli U.

Nel primo caso si è dimostrata particolarmente ridotta l'aspersione nell'area circostante l'irrigatore.

Nel secondo caso, al contrario, pur essendo coperta tutta l'area di bagnatura grazie alla presenza del secondo orifizio, la pluviometria si è rivelata eccessiva nella zona circostante l'irrigatore, con rischio di ristagni superficiali e vere e proprie pozzanghere alla fine dell'irrigazione, mentre si è dimostrata piuttosto bassa per uno statico, anche se con ampio plateau e quindi abbastanza uniforme, nelle aree più lontane. Tra l'altro, la estremamente bassa pluviometria di queste testine potrebbe portare ad un problema di sotto-adacquamento in ampie zone del tappeto erboso irrigato.

Per quanto riguarda la portata, la serie U è stata quella i cui valori si sono dimostrati più simili a quelli indicati in catalogo, probabilmente per il fatto che le testine utilizzate erano tutte ad angolo fisso. La serie VAN, invece, ha fatto rilevare valori diversi (tendenzialmente superiori) a quelli riportati nel catalogo, fatto del resto noto agli installatori più attenti e informati, anche se tali differenze possono essere ascritte, almeno parzialmente, all'impostazione manuale dell'arco di lavoro che, in quanto tale, ha comportato un leggero margine di errore.

Anche per quanto riguarda la gittata, la serie U si è avvicinata di più ai valori riportati nel catalogo della ditta, mentre per la serie VAN si sono misurati valori talvolta anche di molto superiori.

Anche se i problemi di differente pluviometria, e quindi di scarsa uniformità di bagnatura, possono essere in parte superati da una corretta disposizione degli irrigatori nel tappeto erboso, in modo da integrare con il getto degli altri irrigatori la pluviometria delle aree meno irrigate, è pur vero che solo la conoscenza di queste informazioni da parte degli installatori può consentire di raggiungere dei buoni risultati di distribuzione uniforme. È auspicabile, quindi, che le ditte produttrici integrino le informazioni fornite agli installatori anche con queste curve di precipitazione.

Bibliografia e Sitografia

Bortolini L. A.A.2009-2010. Dispense del corso *Macchine e impianti per l'irrigazione*.

Bortolini L. 2008. *Irrigatori statici e dinamici*. Le basi di Acer. Acer, 6:99-102.

Bortolini L. 2001. *Performance irrigue: I nuovi indicatori*. *Irrigazione e drenaggio*, 3:26-29.

Burt CM, Clemmens AJ, Strelkoff TS, Solomon KH, Bliesner RD, Hardy LA, Howell TA, Eisenhauer DE, 1997. *Irrigation performance measures: efficiency and uniformity*. J. Irrig. Drain. Division ASCE. 123:423-442.

Christiansen JE, 1942. *Irrigation by Sprinkling*. University of California Agricultural Experimental Station Bulletin n. 670, p. 124.

Giardini L. 2004. *AGRONOMIA GENERALE ambientale e aziendale*, Pàtron Editore.

Keller J, Bliesner RD, 2000. *Sprinkler and trickle irrigation*. Blackburn Press, New Jersey, USA.

<http://www.agraria.org/coltivazionierbacee/varie/irrigazione.php>

<http://www.rainbird.it>

<http://www.verdiincontri.com/>

<http://it.wikipedia.org/wiki/Irrigazione>

www.irrigazionegiardino.it